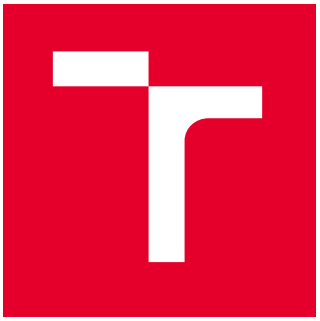


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

VÝZNAMNÉ PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE V ČR - ANALÝZA HAVÁRIÍ S LPG

MAJOR INDUSTRIAL ACCIDENTS IN THE CZECH REPUBLIC - ACCIDENT ANALYSIS OF LPG

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — **Bc. Jakub Maťa**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — **Ing. Luboš Kotek, Ph.D.**
SUPERVISOR

BRNO 2023

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	**Bc. Jakub Maťa**
Studijní program:	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	**Ing. Luboš Kotek, Ph.D.**
Akademický rok:	2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Významné průmyslové havárie v ČR – analýza havárií s LPG

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je analýza a vyhodnocení významných průmyslových havárií ve skladech LPG. Práce zahrnuje rešerši problematiky včetně havárií, ke kterým došlo ve vybrané oblasti, mapování toku informací při havárii, ověření účinnosti přijatých opatření pro omezení opakování obdobných havárií.

Cíle diplomové práce:

Rešerše problematiky bezpečnosti provozu skladů LPG
Systémový rozbor
Rešerše a statistická analýza havárií s LPG
Návrh opatření ke zlepšení
Ekonomické zhodnocení navržených opatření
Diskuze problematiky

Seznam doporučené literatury:

ČSN P CEN/TS 16769 - Zařízení a příslušenství na LPG - Terminologie

Základní požadavky na bezpečnost provozu plynových zařízení na LPG. Praha: GAS, 1999. Technická pravidla. ISBN 80-86176-38-X.

BERNATÍK, Aleš. Plynná a kapalná paliva a jejich nebezpečné vlastnosti z pohledu prevence závažných havárií. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-132-3.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D. ředitel ústavu	doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D. děkan fakulty

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou analýzy havárií s LPG v ČR. První část se zaměřuje na charakteristiku havárií, jejich prevenci, hodnocení a projevy, jejichž pochopení je stěžejním předpokladem pro analýzu havárií a následné statistické vyhodnocení. Dále je věnována pozornost charakteristice LPG, kterou doplňuje bezpečnost a identifikace látky a rešerše skladování LPG spolu s ochrannými a bezpečnostními pásmy. Hlavní část diplomové práce popisuje jednotlivé havárie s LPG v České republice v letech 2003 až 2022, které jsou hodnoceny metodou ESIA a kauzálním modelem ISAAC. V závěru práce je provedeno statistické vyhodnocení a návrh nápravného opatření společně s jeho ekonomickým zhodnocení.

Klíčová slova

Havárie, nařízení, směrnice, LPG, bezpečnost, značení, identifikace, doprava, skladování, statistika, nápravné opatření

Abstrakt – anglicky

The first part of diploma thesis focuses on the characteristics of LPG accidents, their prevention, evaluation and manifestations, the understanding of which is a key prerequisite for statistical evaluation. Next, attention is paid to the characteristics of LPG, which is complemented by safety and identification of the substance and a survey of LPG storage together with protection and safety zones. The main part of the thesis describes individual LPG accidents in the Czech Republic between 2003 and 2022, which are evaluated by the ESIA method and the ISAAC causal model. Finally, a statistical evaluation and a proposal for a correctional measure together with its economic evaluation is made.

Keywords

Accident, regulation, directive, LPG, safety, marking, identification, transport, storage, statistics, corrective measure

Bibliografická citace

MAŤA, Jakub. *Významné průmyslové havárie v ČR -analýza havárií s LPG [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-01-24]. z:* https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/149395. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Luboš Kotek.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Luboše Kotka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně 26. května 2023 …….....

Jakub Maťa

Poděkování

Tímto bych velmi rád poděkoval mému vedoucímu panu Ing. Luboši Kotkovi, Ph.D., za jeho odborné vedení, rady a veškeré připomínky během vypracovávání této závěrečné práce. Dále bych rád poděkoval mé rodině a mým blízkým, kteří při mně stáli a podporovali mě po celou dobu mého studia na Vysokém učení technickém v Brně.

OBSAH

1 Úvod 13

2 Havárie 15

2.1 Charakteristika havárií 15

2.2 Prevence závažných havárií 16

2.3 Hodnocení průmyslových havárií 18

2.4 Projevy při závažných haváriích 18

3 LPG 21

3.1 Základní charakteristika LPG 21

3.2 LPG jako pohonná hmota v automobilovém průmyslu 22

3.3 LPG jako topné médium 24

3.4 Spotřeba LPG 26

4 Bezpečnost a identifikace 27

5 Doprava a skladování 31

5.1 Doprava 31

5.2 Značení vozidel přepravující nebezpečné látky 32

5.3 Skladování 35

5.4 Značení lahví 38

6 Systémový rozbor 39

6.1 Kontext řešené problematiky 39

6.2 Zvolený přístup k řešení problematiky 42

7 Významné průmyslové havárie 43

7.1 Havárie v České republice 44

7.1.1 Události v roce 2003 44

7.1.2 Události v roce 2004 46

7.1.3 Události v roce 2005 46

7.1.4 Události v roce 2008 47

7.1.5 Události v roce 2009 51
7.1.6 Události v roce 2010 54
7.1.7 Události v roce 2011 55
7.1.8 Události v roce 2012 58
7.1.9 Události v roce 2013 61
7.1.10 Události v roce 2014 63
7.1.11 Události v roce 2015 63
7.1.12 Události v roce 2016 64
7.1.13 Události v roce 2017 65
7.1.14 Události v roce 2018 67
7.1.15 Události v roce 2019 67
7.1.16 Události v roce 2020 69
7.1.17 Události v roce 2021 70
7.1.18 Události v roce 2022 71
7.2 Významné havárie v Evropě 72
7.2.1 Feyzin 1966 72
7.2.2 La Mède 1992 72
7.2.3 Dagneux 2007 73
7.2.4 Viareggio 2009 73
7.3 Významné havárie ve světě 74
7.3.1 San Juan Ixhuatepec 1984 74
7.3.2 Brenham 1992 75
7.3.3 Ankara 2003 76
7.3.4 Čiba 2011 76
8 Statistické vyhodnocení 79
9 Návrh bezpečnostního opatření 86
10 Ekonomické zhodnocení 92

11 Závěr 94
12 Seznam použitých zdrojů 96
13 Seznam použitých zkratek a symbolů 105
14 Seznam obrázků 107
15 Seznam tabulek 109
16 Seznam příloh 111
17 Přílohy 113
17.1 Příloha 1 113
17.2 Příloha 2 115

1 ÚVOD

Dnes si již málokdo umí představit život bez zařízení, která používají ke své funkci zkapalněné uhlovodíkové plyny – propan, butan a jejich směsi. Tyto plyny se staly jedním z klíčových zdrojů energie pro různé sektory, včetně průmyslu a domácnosti, a to díky jejich univerzálnosti, snadnému skladování a přepravě. Jejich vysoká energetická hodnota a dostupnost je činí vyhledávanými zdroji energie. Bohužel se však jejich využíváním stávají významným zdrojem potenciálních nebezpečí v podobě závažných havárií a je tedy jen na nás, abychom učinili vše potřebné pro bezpečné používání takovýchto zdrojů energie.

V současné době všechny státy a obecně celá společnost čím dál více cílí na ekologickou stránku, šetrnější přístup a dopad na životní prostředí. V automobilovém průmyslu jsou to například přísnější restrikce výparných plynů – Euro 6, hledání nových alternativních zdrojů pohonných jednotek jako například současný trend protlačování elektro automobilů, či automobilů na hybridní pohon. Podobně je tomu i u LPG, kde je kladen velký důraz na dodržování bezpečnostních pravidel a opatření pro skladování a přepravování těchto plynů, s cílem předcházet závažným haváriím a minimalizovat dopady na životní prostředí a majetek obyvatel, ale také na to, co je lidem nejcennější – zdraví a život. Za tímto účelem jsou zaváděny nové a přísnější předpisy, směrnice, nařízení, jako například zákon č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými látkami, nebo směrnice SEVESO III o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek.

Cílem této závěrečné práce je analyzovat havárie spojené s LPG a následně statisticky vyhodnotit příčiny vzniku závažných havárií. Pro nejčastější příčinu pak navrhnout bezpečnostní opatření, díky kterému by mělo být možno předcházet zmíněným příčinám vzniku havárie, nebo případně minimalizovat následky na životním prostředí, životech a majetku.

2 HAVÁRIE

2.1 Charakteristika havárií

V našem každodenním životě se můžeme stát svědky nepředvídatelné, nežádoucí události neboli **nehody**, která přestože nemusí vést ke zranění člověka nebo újmě na majetku, vede k narušení vykonávané činnosti. Situacím, které mohou vést k závažným nehodám s nežádoucími důsledky říkáme **skoronehody**. Tyto události vznikají působením určitých činitelů, které mohou ovlivňovat jak technickou složku systému, tak i samotné jednání člověka. Při skoronehodách dochází k vybočení od běžného chodu pracovního systému vlivem překročení provozní nebo bezpečnostní meze, nicméně díky bezpečnostním opatřením nebo včasné reakci člověka, se v těchto situacích nedostaví nežádoucí následky spojené se ztrátami na životech nebo majetku. I když jsou skoronehody součástí našeho života, nebezpečné podmínky nebo neadekvátní jednání člověka v pracovním systému, mohou stále vést k závažné (průmyslové) havárii. **Závažná havárie** je mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, zejména závažný únik nebezpečné látky, požár nebo výbuch, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu nebo zařízení, v němž je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována, a vedoucí k vážnému ohrožení nebo k vážnému dopadu na životy a zdraví lidí, hospodářských zvířat a životní prostředí nebo k újmě na majetku – definice dle zákona č. 224/2015 Sb. **Nebezpečná látka** je vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemická směs podle přímo použitelného předpisu Evropské unie upravující klasifikaci, označování a balení látek a směsí, splňující kritéria stanovená v příloze č. 1 v tabulce I, nebo uvedená v příloze č. 1 v tabulce II k zákonu č. 224/2015 Sb. [1, 2, 3].

Během své práce při vyšetřování velkého počtu nehod a havárií v průmyslu v roce 1929 si vyšetřovatel H. W. Heinrich povšiml zajímavé skutečnosti. Zjistil, že nehody s různými stupni závažnosti se vyskytují v podobném poměru. O rok později Heinrich poprvé publikoval svou teorii: *„Těžkému zranění předchází tisíce skoronehod“*, ve své knize *Casualty Insurace Principles*. Heinrichova pyramida (obr. 1), která vychází z této myšlenky se stala základem pro statistický přístup při identifikaci nebezpečí. V další knize, *Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach*, rozšířil Heinrich svou teorii o další postulát: *„Havárie jsou výsledkem nebezpečných činností a nebezpečných podmínek, přičemž lidé způsobují mnohem více havárií, než nebezpečné podmínky“*. Podle jeho výpočtů je selhání lidského faktoru přímou příčinou 88 % všech nehod. Heinrich také zdůraznil důležitost výcviku a bezpečnostních předpisů

v prevenci nehod, a jako první vypracoval koncepční model pro teoretický rámec průmyslové bezpečnosti a předložil „teorii domino efektu“ vedoucí k havárii, která i dnes stále představuje důležitý přístup v oblasti průmyslové bezpečnosti. Jeho myšlenka, že žádné bezpečnostní opatření není dokonalé a nemůže zajistit úplnou eliminaci rizik, je základním principem v managementu rizik [2].

Obr. 1 Heinrichova pyramida

2.2 Prevence závažných havárií

Za účelem zvýšení bezpečnosti byla v roce 1982, jako reakce na událost v italském Sevesu v roce 1976, kde došlo k úniku dioxinu, vydána směrnice SEVESO I (82/501/EHS), která se zaměřovala na ochranu zdraví a životního prostředí před haváriemi s nebezpečnými látkami. O 14 let později byla vydána nová směrnice SEVESO II (96/82/ES), která měla ambicióznější cíle a širší působnost než její předchůdce. Tato směrnice se zaměřovala na prevenci závažných průmyslových havárií a na minimalizaci následků takovýchto událostí. Dále zaváděla nové požadavky pro průmyslové podniky – jako například pravidelné hodnocení rizik nebo lepší informovanost veřejnosti o rizicích spojených s nebezpečnými látkami. V roce 2012 došlo k upravení stávající směrnice za vzniku nové směrnice SEVESO III (2012/18/EU). Hlavním cílem bylo zlepšit prevenci průmyslových havárií a minimalizovat jejich následky:

- Širší pole působnosti – více průmyslových odvětví a další nebezpečné látky
- Pravidelné přezkoumávání a aktualizace plánů prevence havárií
- Hodnocení rizik – poskytování více informací o rizicích nejen orgánům veřejného zdraví a životního prostředí, ale také zaměstnancům a veřejnosti
- Větší zodpovědnost
- Nové požadavky na informování veřejnosti [5]

Jelikož došlo v roce 2012 k zavedení nové evropské směrnice SEVESO III, muselo dojít k jejímu přenesení do českého právního systému, což vedlo ke vzniku nového zákona

č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o právních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, který je účinný od 1. 10. 2015. Na základě zákona č. 224/2015 Sb. je majitel, či provozovatel objektu povinen přijmout všechna nezbytná opatření k prevenci závažných havárií a zpracovat seznam všech nebezpečných látek v daném objektu. Následně dle normy provede součet poměrných množství nebezpečných látek v objektu, zpracuje protokol o skutečnosti, že množství nebezpečných látek v objektu je menší, než je uvedeno v příloze č. 1 normy, nebo navrhne zařazení objektu do skupiny A nebo B. Majitel objektu je povinen vypracovat posouzení rizik, které se skládá z identifikace, analýzy a hodnocení rizik, v případě zařazení objektu do skupiny A nebo B, na jehož základě zpracuje bezpečnostní program pro skupinu A, nebo bezpečnostní zprávu pro skupinu B. Oba tyto dokumenty obsahují informace o objektu, možných rizicích, bezpečnosti aj., přičemž bezpečnostní zpráva obsahuje podrobnější informace, jelikož objekty zařazení do skupiny B mají větší množství nebezpečné látky v objektu. Podobně je tomu i v případě havarijního plánování, kdy je provozovatel objektu povinen zpracovat havarijní plán, ve kterém jsou stanoveny opatření přijímaná jak uvnitř objektu, tak vně objektu, při závažné havárii za účelem minimalizace následků na životech a zdraví lidí, životním prostředí a majetku [4].

Provozovatel je dále také povinen ohlásit vznik nebezpečné události příslušným orgánům, zpracovat hlášení o vzniku a dopadech závažné havárie, ve které budou rovněž navrhnuta nápravná opatření ke zmírnění následků havárie a preventivní opatření k zabránění jejímu opakování. Krajský úřad následně rozhodne zda schválí návrh konečné zprávy, přičemž může ve spolupráci s hasičským záchranným sborem zpracovat doporučené preventivní opatření, které může vést ke zlepšení prevence vzniku závažné havárie. Krajský úřad je dále povinen poskytnout informace veřejnosti v zóně havarijního plánování o vzniku a následcích závažné havárie a o nápravných opatřeních, které byly přijaty za účelem minimalizování následků na životech, životním prostředí a majetku. Následně Krajský úřad doručí Ministerstvu vnitra hlášení o vzniku havárie, odkud nakonec za účelem prevence a zmírnění následků závažné havárie putuje k Evropské komisi.

S cílem ověřit dodržování povinností stanovených zákonem č. 224/2015 Sb. jsou prováděny kontroly pověřenými orgány veřejné správy, jako například Státní úřad inspekce práce, krajské hygienické stanice a další. V případě, že se provozovatel objektu dopustí jakéhokoliv přestupku podle § 51, může mu být uložena pokuta, a to až ve výši pěti milionů korun [4].

2.3 Hodnocení průmyslových havárií

S ohledem na široké spektrum možných následků závažných průmyslových havárií byla v roce 1994 oficiálně schválena stupnice ESIA – Evropská škála pro hodnocení průmyslových havárií. Tato škála se skládá z 18 parametrů, rozdělených do 4 skupin (obr. 2), které zahrnují 6 úrovní hodnocení a dohromady vyjadřují významnost příslušného následku. Jedná se o tyto 4 skupiny:

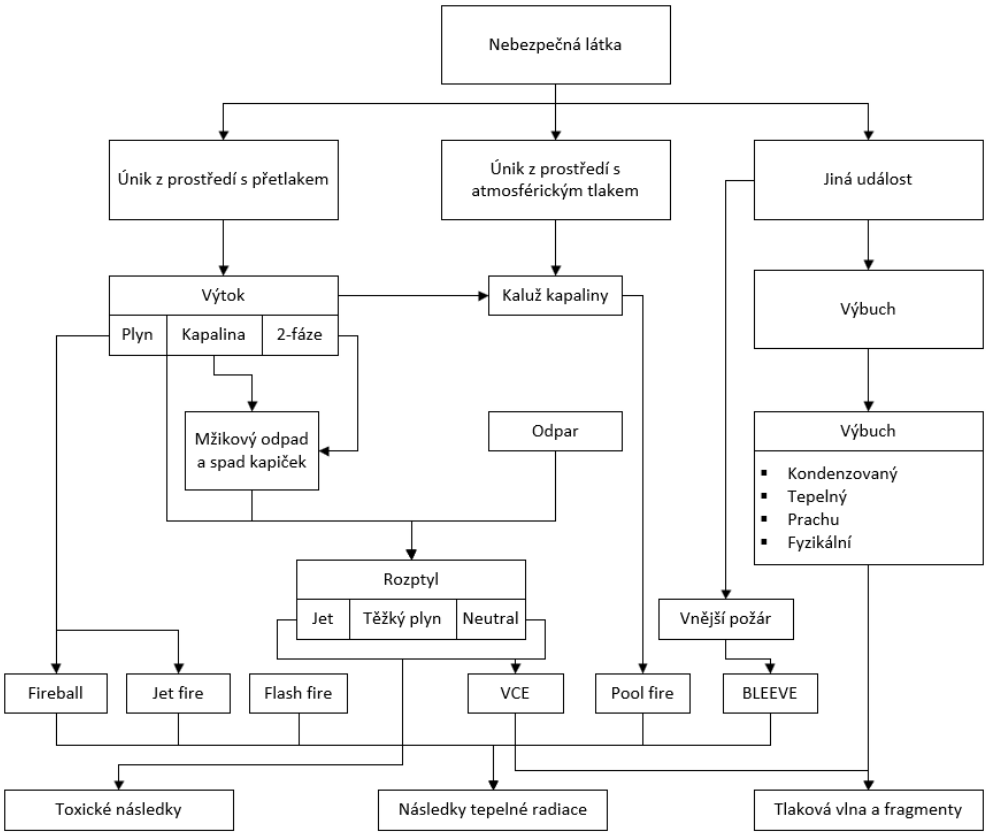
- Množství uniklé nebezpečné chemické látky
- Následky na životech a zdraví osob
- Následky na životním prostředí
- Zhodnocení ekonomických ztrát

K celoevropskému rozšíření doposud nedošlo, avšak většina členských států používá zmíněnou stupnici, kterou lze navíc najít i v databázích havárií ARIA a Mapis [1].

Obr. 2 Ukázka hodnocení havárie pomocí ESIA [1]

2.4 Projevy při závažných haváriích

Každá havárie v průmyslovém podniku způsobená nebezpečnými látkami nebo při přepravě těchto látek, má svůj scénář. Jedná se o popis jednotlivých, po sobě jdoucích událostí, od samotné iniciace až k nehodovému ději a případně i k nežádoucím následkům. Všeobecně však lze říci, že jakákoliv událost bez ohledu na původ, typ zařízení a vykonávanou činnost, může vést k jednomu ze tří hlavních následků havárie (obr. 3): toxické následky, následky tepelné radiace a tlaková vlna s případnými odletujícími fragmenty. V případě LPG jde hlavně o požáry a výbuchy s případnými letícími troskami, které mohou mít dopad na zdraví, lidské životy a majetek. Co se týče dopadů na životní prostředí, má LPG nevýrazný vliv na znečištění vodní plochy a půdy, jelikož při úniku z nádrže/zásobníku dochází ke změně skupenství z kapalného na plynné vlivem změny tlaku a teploty [1, 2].



Obr. 3 Schéma fyzikálních projevů úniku a možných rozvojů havárií [1]

Tab. 1 Přehled havarijních projevů jednotlivých paliv

Palivo	Pool fire	Jet fire	Flash fire	VCE	BLEVE
Benzín	+		+	+	
Nafta	+				
LPG		+	+	+	+
LNG		+	+	+	+
CNG			+	+	

Hlavní typy požárů a výbuchů, sloužící k pochopení havarijního scénáře, jsou:

- **Pool fire**
  - Jinak také „požár kaluže“
  - K tomuto jevu dochází v případě, že dojde k rozlití kapaliny za vzniku kaluže, která je následně zapálena
- **Jet fire**
  - Jinak také „tryskavý plamen“
  - Jedná se o zapálení výtoku stlačeného plynu, v případě porušení těsnosti natlakovaného zařízení
  - Velmi intenzivní tepelná radiace, díky vysoké energii plamene

- Povrchová intenzita tepelného toku může dosahovat až hodnoty 250 $kW \cdot m^{-2}$, avšak poměrně rychle klesá se vzdalováním se od místa vzniku plamene

- **Flash fire**
  - Jinak také „mžikové vyhoření“
  - Jev, kdy je oblak hořlavých par zapálen se zpožděnou iniciací
  - Ve většině případů se plamen šíří relativně pomalu, v případě rychlejšího šíření plamene hrozí výbuch oblaku par
- **BLEVE**
  - Jinak také „výbuch expandujících par přehřáté kapaliny“
  - Jde o jev, ke kterému dochází při přehřátí nádrže skladovacího zařízení nad normální bod varu, kdy vlivem narušení integrity tohoto zařízení dojde k úniku velkého množství odpařených par a následnému vyhoření
- **VCE**
  - Jinak také „výbuch mraku plynů nebo par“
  - Jde o přeměnu hořlavých plynů nebo par spolu s oxidačním prostředkem za vzniku výbuchu, který je doprovázen tlakovou vlnou – pokud nejsou přítomny významné tlakové účinky, jedná se o flash fire [1, 2]

Obr. 4 Hlavní typy požárů [6]

3 LPG

3.1 Základní charakteristika LPG

Jedná se o směs zkapalněných ropných plynů – propan, butan a jejich směsi, které se řadí mezi lehké uhlovodíkové plyny s obsahem převážně 3 až 4 atomů uhlíku v molekule. Jde o plyny šetrné k životnímu prostředí, které se při úniku odpaří a tím neznečišťují půdu a přírodní vodní nádrže. Jejich obsah energie a výhřevnost na jednotku je výrazně vyšší než u všech běžně používaných paliv. K jejich získávání dochází při rafinaci ropy (40 %) nebo separací při těžbě zemního plynu (60 %). Jedná se o čistší palivo s minimálními emisemi skleníkových plynů (CO_2), které se začalo používat již v roce 1860 a od té doby se jeho výroba a spotřeba pro domácí a průmyslové použití stále rozšiřuje. Jde o velmi dostupné palivo, dokonce i v těch nejodlehlejších oblastech, ať už jako primární zdroj nebo v kombinaci s obnovitelnými zdroji energie. Žádná jiná forma energie není tak univerzální a snadno přenosná prakticky kamkoliv.

Za normálních atmosférických podmínek se LPG vyskytuje v plynném stavu, avšak ochlazením nebo jeho stlačením, ho lze jednoduše převést do kapalného stavu, ve kterém zaujímá pouze cca 1/260 plynného objemu. Z tohoto důvodu je logické skladovat a přepravovat LPG jako kapalinu pod tlakem v zásobnících, cisternách nebo plynových lahvích. V plynném stavu se jedná o netoxický plyn, v kapalném stavu jde o bezbarvou, snadno těkající kapalinu specifického zápachu. Pro komerční využití směs může obsahovat také ethan, ethylen a malé množství odorantu, aby byl unikající plyn lehce zjistitelný [1, 2, 7, 8].

Tab. 2 Fyzikální a fyzikálně chemické vlastnosti čistých uhlovodíků [1]

Vlastnosti	Propan	Butan	Jednotky
Chemický vzorec	C_3H_8	C_4H_{10}	-
Molekulární hmotnost	44,10	58,12	-
Bod varu	-47	-0,5	˚C
Bod vznícení	465	430	˚C
Výhřevnost	46,46	44,42	MJ/kg
Meze výbušnosti směsi se vzduchem	1,9 – 9,5	1,6 – 9,0	%
Hustota kapalné fáze při 15 ˚C	507,3	584,06	kg/m^3
Tlak par při teplotě 10 ˚C	631	149	kPa
Tlak par při teplotě 40 ˚C	1353	377	kPa
Tlak par při teplotě 70 ˚C	2648	824	kPa

3.2 LPG jako pohonná hmota v automobilovém průmyslu

V oblasti pohonných hmot LPG nabízí velkou cenovou úsporu, nižší hlučnost, klidnější chod motoru (vyšší oktanové číslo), úsporné spalování ve srovnání s benzínem nebo naftou, přičemž v krajních případech se dá hovořit i o nemožnosti odcizení pohonné látky přímo z nádrže. V EU i v České republice je LPG jedno z nejvýznamnějších alternativních paliv. V Evropě jde zhruba o 8 milionů osobních automobilů, které jezdí na plyny, z toho 170 tisíc je v ČR [8]. V dopravě jde o směs propanu a butanu, jejíž složení se liší v závislosti na daném ročním období:

a) Letní směs
   - Od 1. 4. do 31. 10.
   - 60 % butanu a 40 % propanu
   - Výhodnější pro motor, nižší spotřeba

b) Zimní směs
   - Od 1. 11. do 31. 3.
   - 40 % butanu a 60 % propanu
   - Lepší odpařování při teplotách pod bodem mrazu (vlivem většího množství propanu) [1, 8]

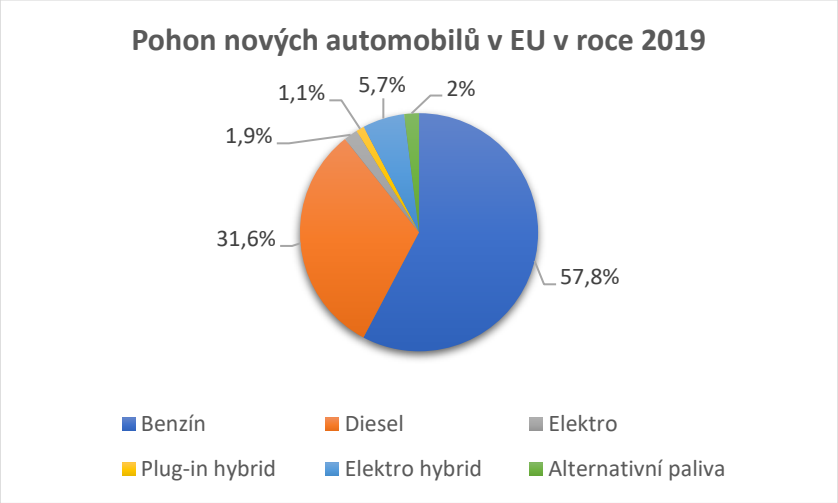
Tab. 3 Srovnání modelů Dacia Duster Expression [9]

Model	**TCe 100 ECO-G**	**TCe 90**	**Blue dCi 115**
Rok výroby	2023	2023	2023
Typ paliva	LPG	Benzín	Nafta
Výkon	74 kW	67 kW	85 Kw
Cena od	425 500 Kč	410 500 Kč	467 500 Kč
Kombinovaná spotřeba	7 l/100 km	6,1 l/100 km	4,8 l/100 km
Cena paliva	18,5 Kč/l	37,7 Kč/l	36,4 Kč/l
Cena za 1 km	1,30 Kč	2,30 Kč	1,75 Kč
Emise CO2	126 g/km	138 g/km	127 g/km
Cena za provoz po ujetí 15 000 km	19 425 Kč	34 495 Kč	26 208 Kč

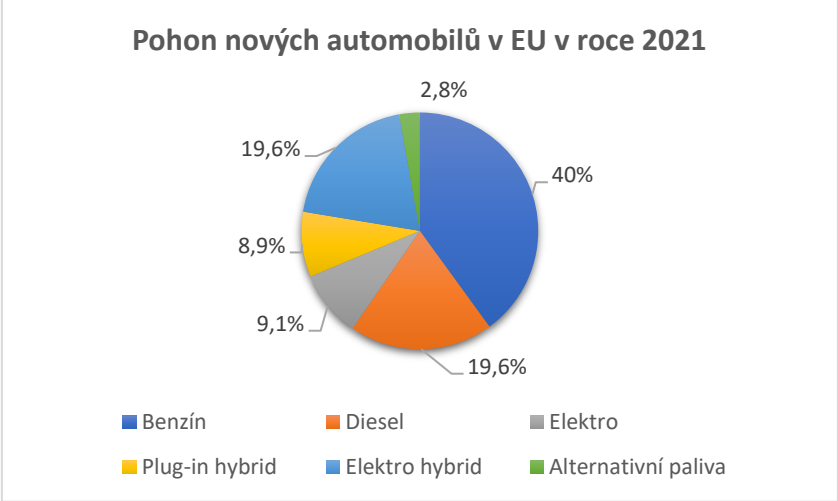
Pokud srovnáme pohony automobilů na benzín, naftu a LPG, tak je zřetelné, že automobily na LPG mají vyšší pořizovací cenu než automobily na benzín, avšak oproti automobilům na naftu jsou cenově dostupnější. I přesto, že automobil na LPG má z uvedených typů paliv nejvyšší spotřebu, cena za ujetý kilometr je o 40 % nižší než u automobilů na benzín a o 25 % nižší než u automobilů na naftu. Tento rozdíl v ceně vůči automobilu na benzín se vyrovná po

ujetí přibližně 15 000 km a vůči automobilu na naftu, které má, jak již bylo zmíněno, z uvedených nejvyšší pořizovací cenu, má LPG nižší náklady na ujetý km. V případě, že se majitel rozhodne pro přestavbu na LPG, musí počítat s prvotní investicí, která se pohybuje okolo 30 000 Kč.

Vzhledem k narůstajícímu využívání LPG, jakožto alternativního pohonného paliva (obr. 5 a 6), je v dnešní době již téměř standardem, že na všech čerpacích stanicích najdeme stojan s LPG. Problémem ze strany bezpečnosti se však stává fakt, že ať už u stávajících nebo nových čerpacích stanic nejsou vyřešeny odstupové vzdálenosti od stanic s konvenčními palivy – benzín, diesel, a tak v případě havárie hrozí nebezpečí domino efektu, kdy havárie jednoho zařízení způsobí havárii i druhého zařízení a případně dalších.



Obr. 5 Pohony prodaných automobilů v roce 2019 [10]



Obr. 6 Pohony prodaných automobilů v roce 2021 [10]

3.3 LPG jako topné médium

LPG se dále využívá v domácnostech, v přenosných zařízeních nebo v průmyslu, kde je také znám pod názvem “průmyslová topná směs“, kde slouží k vaření, vytápění, ohřevu vody, či generování energie. Rozdělení LPG dle využití:

- Propan – topné účely
- Propan-butan – dodává se ve dvou druzích – letní a zimní směs; využívá se jako topný plyn v domácnosti, chemických laboratořích, v průmyslu (obr. 7)
- Butan – především pro topné účely v domácnostech, zvláště u přenosných plynových spotřebičů
- Průmyslová topná směs – pouze pro technické a technologické účely v průmyslu [1, 3]

Obr. 7 Ocelová láhev s propanem [11]

Z bezpečnostního a efektivního hlediska a z hlediska ochrany životního prostředí jsou zavedeny kvalitativní požadavky pro jednotlivé druhy zkapalněných ropných plynů (tab. 4 – 7) [12].

Tab. 4. Kvalitativní požadavky na propan (tenze par při 70 ˚C je nejvýše 3,1 MPa)

Znak jakosti	Propan		Zkouší se podle
	min.	max.	
Uhlovodíkové složení, % (*m*/*m*):			ČSN EN 27941
C_2-uhlovodíky a inerty		5,0	
C_3-uhlovodíky	95,0		
C_4-uhlovodíky		5,0	
C_5 a vyšší uhlovodíky		0,5	
nenasycené uhlovodíky		50,0	
Obsah celkové síry, mg/kg		50	ČSN EN 24260
Obsah amoniaku	negativní		ČSN 65 6478
Olejovitý zbytek [+)], mg/kg		50	ČSN EN ISO 13757
Obsah sirovodíku, mg/kg		0,2	ČSN 65 6478

Tab. 5 Kvalitativní požadavky na propan-butan (tenze par při 70 ˚C je nejvýše 2,6 MPa)

Znak jakosti	Propan-butan				Zkouší se podle
	letní		zimní		
	min.	max.	min.	max.	
Uhlovodíkové složení, % (*m*/*m*):					ČSN EN 27941
C_2-uhlovodíky a inerty		7,0		5,0	
C_3-uhlovodíky	30,0		55,0		
C_4-uhlovodíky	30,0	60,0	15,0	40,0	
C_5 a vyšší uhlovodíky		3,0		2,0	
nenasycené uhlovodíky		60,0		65,0	
Obsah celkové síry, mg/kg		100		100	ČSN EN 24260
Obsah amoniaku	negativní		negativní		ČSN 65 6478
Olejovitý zbytek[+)], mg/kg		100		100	ČSN EN ISO 13757
Obsah sirovodíku, mg/kg		0,2		0,2	ČSN 65 6478
Obsah vody	negativní		negativní		ČSN EN ISO 13758

Tab. 6 Kvalitativní požadavky na butan (tenze par při 70˚C je nejvýše 1,3 MPa)

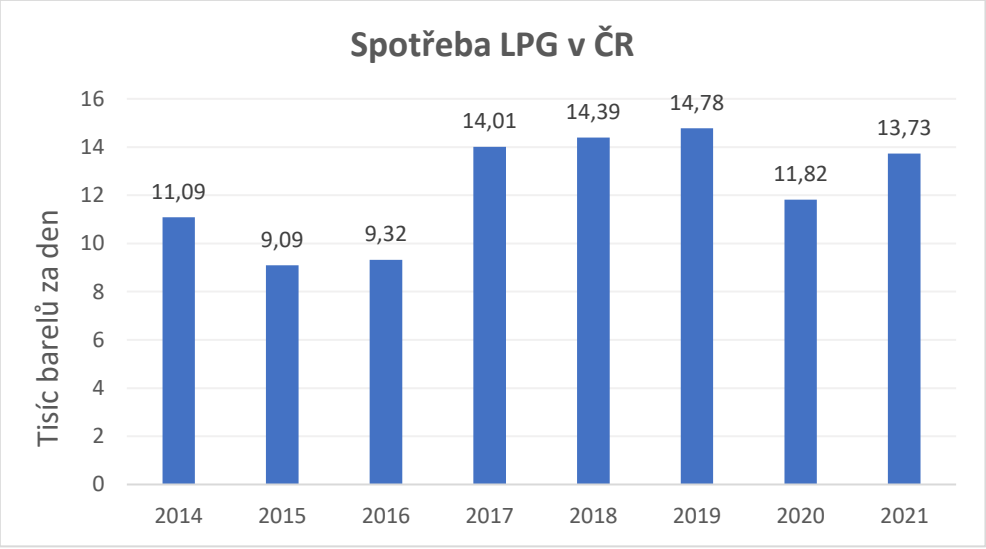
Znak jakosti	Butan		Zkouší se podle
	min.	max.	
Uhlovodíkové složení, % (*m*/*m*):			ČSN EN 27941
C_2-uhlovodíky a inerty		5,0	
C_3-uhlovodíky		10,0	
C_4-uhlovodíky	90,0		
C_5 a vyšší uhlovodíky		5,0	
nenasycené uhlovodíky		50,0	
Obsah celkové síry, mg/kg		100	ČSN EN 24260
Olejovitý zbytek[+)], mg/kg		100	ČSN EN ISO 13757
Obsah sirovodíku, mg/kg		0,2	ČSN 65 6478

Tab. 7 Kvalitativní požadavky na prům. topnou směs (tenze par při 70 ˚C je nejvýše 3,1 MPa)

Znak jakosti	Průmyslová topná směs		Zkouší se podle
	min.	max.	
Uhlovodíkové složení, % *(m/m)*:			ČSN EN 27941
C_2-uhlovodíky a inerty		5,0	
C_3-uhlovodíky	zbytek do 100		
C_4-uhlovodíky			
C_5 a vyšší uhlovodíky		7,0	
Obsah celkové síry, % *(m/m)*		0,1	ČSN EN 24260

3.4 Spotřeba LPG

V dnešní době si život bez LPG lze jen velmi těžko představit. Využíváme ho při vaření, grilování, cestování, v různých průmyslových odvětvích, nebo třeba v dopravě. Dopravu a samozřejmě i spotřebu tohoto plynu, nejen v naší zemi, ovlivnila jednak situace na Ukrajině, ale především pandemie COVID-19. Světová zdravotnická organizace vyhlásila propuknutí globálního stavu zdravotní nouze v lednu 2020 a pandemii v březnu 2020. Tato pandemie měla vliv na pracovní „docházku“ zaměstnanců ve všech odvětvích, docházelo k izolacím ať už občanů, regionů či dokonce k zákazu vycestování mimo Českou republiku. S tím byla spojena i spotřeba LPG, která dle grafu (obr. 8) v roce 2020 měla poměrně velký pokles oproti rokům 2019 nebo 2021 [13].



Obr. 8 Spotřeba LPG v ČR

4 BEZPEČNOST A IDENTIFIKACE

S bezpečností zaměstnanců souvisí zákon č. 262/2006 Sb. (zákoník práce), který pojednává o povinnostech zaměstnavatelů a pracovníků, týkajících se ochrany zdraví a bezpečnosti při práci. Tento zákon stanovuje základní pravidla a postupy, které musí zaměstnavatelé dodržovat, aby zajistili bezpečné a zdravé pracovní prostředí pro své zaměstnance. Cílem tohoto zákona je ochrana zaměstnanců před riziky a nebezpečím spojeným s jejich prací a motivace zaměstnavatelů k přijetí opatření ke snížení rizik a prevenci pracovních úrazů a onemocnění způsobených při výkonu práce. Zavedení je reakcí na potřebu zlepšit pracovní podmínky v České republice a zaručit, že zaměstnavatelé budou mít zodpovědnost za zajištění bezpečných a zdravých pracovních podmínek [14].

Jako nástroj pro zajištění bezpečného nakládání s chemickými látkami, včetně LPG, a prevenci rizik pro lidské zdraví a životní prostředí byly vytvořeny bezpečnostní listy (dále jen BL). Tyto listy, poskytované osobou uvádějící látku/směs do oběhu (výrobce, dovozce), poskytují uživatelům chemických látek a směsí, jako jsou pracovníci v průmyslu, členové HZS, lékaři nebo pracovníci v oblasti dopravy, důležité informace o vlastnostech, rizicích, způsobech nakládání, nouzových opatřeních a dalších aspektech bezpečnosti těchto látek. BL musí obsahovat 16 oddílů (Příloha 2) v souladu s čl. 31 odst. 6 a dále rovněž uvedené pododdíly s výjimkou oddílu 3, kdy je třeba zahrnout podle daného případu pouze pododdíl 3.1 nebo pododdíl 3.2. Provozovatelé, distributoři a další subjekty mají povinnost dodržovat právní předpisy, včetně nařízení REACH a CLP, čímž dochází k zajištění bezpečnosti a ochrany před riziky pro životní prostředí a lidské zdraví [15].

BL jsou vytvářeny podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006, známého jako REACH, které zavádí jednotný systém pro registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, v platném znění a nařízení komise (EU) č. 878/2020. Jeho cílem je zabezpečit vysokou úroveň ochrany zdraví lidí a životního prostředí před riziky, která mohou vyplývat z používání chemických látek. Nařízení REACH se vztahuje na všechny chemické látky, které jsou vyráběny nebo dováženy do EU v množství větším než 1 tuna za rok. [16].

Dalším právním předpisem je nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008, známé jako CLP, které stanovuje požadavky na klasifikaci, označování a balení chemických látek a směsí. Za tímto účelem jsou zavedeny štítky, kterými musí být látka nebo směs, klasifikovaná jako nebezpečná a zabalená v obalu, opatřena.

Tento štítek musí obsahovat:

a) Jméno/název, adresu a telefonní číslo dodavatele nebo dodavatelů
b) Jmenovité množství látky nebo směsi v balení přístupném široké veřejnosti, pokud toto množství není uvedeno na jiné části balení
c) Identifikátory výrobku
d) Popřípadě výstražné symboly nebezpečnosti
e) Popřípadě signální slova
f) Popřípadě standardní věty o nebezpečnosti
g) Popřípadě náležité pokyny pro bezpečné zacházení
h) Popřípadě část pro doplňující informace

Není-li stanoveno jinak, uvádějí se informace na štítku v úředním jazyce nebo jazycích členského státu, v nichž je látka nebo směs uváděna na trh. V rámci uvádění propanu, butanu nebo zkapalněného ropného plynu na trh v uzavřených, opakovatelně plnitelných nádobách nebo v patronách, které nelze opakovaně plnit a které odpovídají normě EN 417, jsou tyto nádoby nebo patrony označeny pouze odpovídajících výstražným symbolem (obr. 9), standardní větou o nebezpečnosti (H-věty) a pokyny pro bezpečné zacházení (P-věty) týkající se hořlavosti. Namísto toho jsou informace týkající se účinků na lidské zdraví a životní prostředí poskytnuty dodavatelem prostřednictvím bezpečnostního listu [17, 18].

H-věty a P-věty LPG:

- **H220** – Extrémně hořlavý plyn
- **H280** – Obsahuje plyn pod tlakem, při zahřívání může vybuchnout
- **P102** – Uchovávejte mimo dosah dětí
- **P210** – Chraňte před teplem, horkými povrchy, jiskrami, otevřeným ohněm a jinými zdroji zapálení. Zákaz kouření
- **P377** – Požár unikajícího plynu: Nehaste, nelze-li únik bezpečně zastavit
- **P381** – V případě úniku odstraňte všechny zdroje zapálení
- **P410+403** – Chraňte před slunečním zářením. Skladujte na dobře větraném místě [19]

Za zmínku také stojí zákon č. 350/2011 Sb., který zapracovává příslušné předpisy Evropské unie, jako je směrnice Rady 67/548/EHS nebo směrnici Evropského parlamentu a Rady 1999/45/EHS a další. Tento zákon upravuje práva a povinnosti při výrobě, klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování aj., chemických látek nebo látek obsažených ve směsích nebo předmětech. Kromě toho definuje správné laboratorní praxe a působnosti správních orgánů při zajišťování ochrany před škodlivými účinky látek a směsí [20].

V poslední řadě je také důležité zmínit §44 zákona č. 258/2000 Sb., který pojednává o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Zmíněný paragraf se týká nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a směsmi – přesněji jejich výroby, dovozu, distribuce, prodeje, používání, skladování, balení, označování, vnitropodnikové dopravy a uvádí, kdo je považován za odborně způsobilou fyzickou osobu. Ve všech sektorech je kladen velký důraz na ochranu zdraví osob a životního prostředí. Zmíněný paragraf vychází z nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1272/2008, známého jako CLP [21].

Obr. 9 Výstražné symboly LPG [22]

5 DOPRAVA A SKLADOVÁNÍ

5.1 Doprava

Zkapalněný ropný plyn je převážně přepravován a skladován v kapalném stavu, jelikož jak již bylo uvedeno v kapitole 3.1, tak v kapalném stavu zaujímá pouze zhruba 1/260 plynného objemu. Podle vzdálenosti a požadovaného množství LPG je k jeho přepravě využívána železniční, lodní anebo automobilová doprava. Pravděpodobně nejčastěji viditelným způsobem dopravy jsou autocisterny, které přepravují plyn na kratší vzdálenosti ke konečnému průmyslovému odběrateli nebo distributorovi, a to až o objemu 62 tisíc litrů LPG. Pro přepravu LPG slouží i nákladní vozidla, která přepravují plynové láhve, avšak množství přepravovaného plynu je výrazně menší. Pro střední a delší vzdálenosti je využívána železniční doprava, kde lokomotiva může táhnout více než 20 vagónů s LPG (obr. 10) o objemu až 70 tisíc litrů LPG. Obecně však platí, že počet zapojených vagónů se odvíjí od topografie trasy a samozřejmě požadovaného množství. Naopak lodní doprava sloužící převážně k přepravě na velké vzdálenosti a je klíčová pro světový obchod s LPG, jelikož se jedná o jednu z nejefektivnějších a nejvýkonnějších metod dopravy velkého množství LPG v kapalném stavu. Tyto lodě jsou vybaveny velkými nádržemi o kapacitě dosahující až 170 tisíc m^3 [23, 24, 25].

Ve všech způsobech dopravy je důležité dbát na bezpečnost, údržbu a kontrolu jednotlivých zařízení a komponentů, aby byly minimalizovány rizika úniku plynu během jeho přepravy.

Obr. 10 Cisternové vagony na LPG [26]

Jelikož doprava nebezpečných látek je rizikový úkon, ať už se jedná o jakoukoli formu dopravy, je důležité zavádět bezpečnostní pokyny a pravidla, která musejí jak dopravci, tak i výrobci a distributoři dodržovat.

Doprava nebezpečných látek musí být v souladu s platnými předpisy dané země, které stanovuje nařízení ADR, což je právní předpis Evropské unie o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po silnici, a RID – dohoda o mezinárodní železniční přepravě nebezpečných věcí. Tyto nařízení definují jakým způsobem mají být látky značeny, baleny, přepravovány, jakým způsobem má být manipulováno se zařízením přepravující nebezpečné látky a uvádí postupy, pro případ nehody nebo havárie během přepravy. Cílem nařízení ADR a RID je zajistit bezpečnost a účinnou přepravu nebezpečných látek jak po silnici, tak po železnici a minimalizovat rizika a následky na životech a zdraví lidí, životním prostředí a majetku. Vozidla a zařízení přepravující nebezpečné látky musejí být opatřena bezpečnostními značkami, které popisují nebezpečné vlastnosti dané látky a bezpečnostními štítky, které jednoznačně identifikují přepravovanou látku. Dále musí být zajištěn přepravní doklad, který obsahuje jméno, identifikační číslo látky, bezpečnostní značky, obalovou skupinu, kód omezení pro tunely a další. Tyto údaje musí být v jazyce toho, kdo je odesílá. Podobnou zprávu, musí mít i řidič u sebe v kabině, přičemž musí být napsána v jazyce, kterému řidič rozumí [27, 28].

5.2 Značení vozidel přepravující nebezpečné látky

Pro usnadnění identifikace nebezpečných chemických látek nebo chemických směsí při přepravě po silnici nebo železnici, byl přijat systém značení formou oranžových výstražných tabulek a bezpečnostních značek. Jedná se o tabulky o rozměrech 30x40 cm, které se nacházejí vpředu a vzadu na vozidle, případně i na trupu přepravovaného zařízení, a slouží k jasné identifikaci přepravované látky. Tyto tabulky (obr. 11) se skládají z identifikačního čísla látky – UN kódu, v dolní polovině, a identifikačního čísla nebezpečnosti – Kemlerova kódu, v horní polovině. Pokud je přepravováno více druhů nebezpečných látek, je vozidlo označeno čistou oranžovou tabulí. Dle nařízení ADR musejí být všechna značení, umístěná na přepravních zařízeních, zřetelně viditelná, čitelná a odolná vůči povětrnostním podmínkám bez podstatného zhoršení viditelnosti [28, 29].

Kemlerův kód slouží k identifikaci nebezpečnosti přepravované látky podle dohod ADR a RID. Je složen ze dvou nebo tří číslic, které popisují základní nebezpečné vlastnosti látky (tab. 8), přičemž první číslo vždy uvádí hlavní nebezpečí. V případě vyšší intenzity nebezpečí se číslice zdvojí nebo ztrojí. V případě, že přepravovaná látka má pouze jednu nebezpečnou

vlastnost, obsahuje Kemlerův kód nulu, která slouží k doplnění do dvouciferného čísla. Na označení nebezpečnosti se používají kombinace těchto čísel:

- 2 – Plynná látka (uvolňování plynů pod tlakem)
- 3 – Hořlavá kapalina (hořlavost par, kapalin a plynů)
- 4 – Hořlavost pevných látek
- 5 – Látka podporující hoření (oxidační účinky)
- 6 – Jedovatá látka (toxicita)
- 7 – Radioaktivní látka
- 8 – Žíravá látka (leptavé účinky)
- 9 – Samovolná reakce (nebezpečí prudké, bouřlivé reakce)
- 0 – Dodatková číslice
- X – Látka nesmí přijít do styku s vodou

Každé látce, je přiřazeno její identifikační číslo, neboli UN kód. Jedná se o čtyřmístné číslo, uvedené v registru nebezpečných látek OSN. Látky s podobnými vlastnostmi sdílí jeden společný UN kód (např. 1564 – sloučeny barya). Používání UN kódů je povinné podle Evropské dohody ADR.

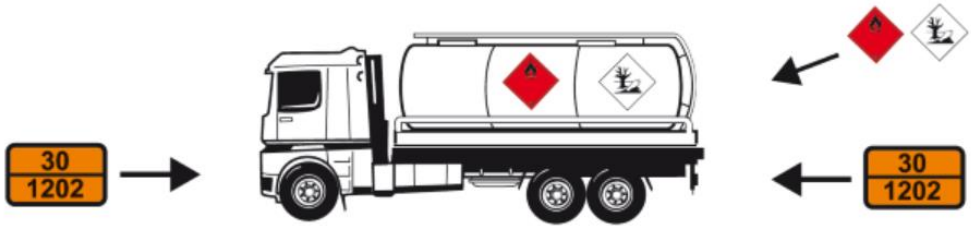
Obr. 11 Výstražná tabulka LPG [30]

Bezpečnostní značky slouží k informování o nebezpečích a rizicích spojených s přepravou nebezpečných látek. Tyto značky mají standardizovaný tvar čtverce postaveného na vrchol pod úhlem 45˚ a jsou barevně a symbolicky specifikované podle nebezpečí spojených s přepravovanou látkou dle ADR. Tyto značky jsou rozděleny na dvě poloviny, přičemž horní polovina slouží pro symbol nebezpečí a dolní polovina pro text, či číslo třídy. Dohromady existuje třináct tříd nebezpečných věcí (tab. 8), které mají stejnou hlavní nebezpečnou vlastnost. Dohoda ADR dále zavádí podtřídy jednotlivých tříd, které blíže definují nebezpečnou vlastnost přepravované látky. V případě LPG se jedná o podtřídu 2.1, neboli hořlavé plyny (obr. 12) [31, 32, 33].

Tab. 8 Třídy nebezpečných věcí [28]

Třída	Název třídy
1	Výbušné látky a předměty
2	Plyny
3	Hořlavé kapaliny
4.1	Hořlavé tuhé látky, samovolně se rozkládající látky, polymerizující látky a znecitlivělé tuhé výbušné látky
4.2	Samozápalné látky
4.3	Látky, které ve styku s vodou vyvíjejí hořlavé plyny
5.1	Látky podporující hoření
5.2	Organické peroxidy
6.1	Toxické látky
6.2	Infekční látky
7	Radioaktivní látky
8	Žíravé látky
9	Jiné nebezpečné látky a předměty

Obr. 12 Bezpečnostní značky LPG [22]



Obr. 13 Příklad značení podle ADR [31]

5.3 Skladování

LPG se běžně skladuje v kapalném stavu v tlakových nádobách, přesněji kartuších, láhvích nebo sudech (zásobnících). Tlakové nádoby musejí být navrženy s ohledem na všechny příslušné činitele, aby byla zajištěna bezpečnost zařízení po celou dobu jeho předpokládané životnosti. Zejména jde o následující činitele:

- Vnitřní/vnější tlak
- Teplota okolí a pracovní teplota
- Statický tlak a hmotnost obsahu za provozních a zkušebních podmínek
- Zatížení dopravou, větrem
- Korozi a erozi, únavu apod.

Výrobce musí zajistit kvalifikované provedení s použitím vhodných metod a odpovídajících postupů, zejména se zřetelem k níže uvedeným prvkům:

- Výroba konstrukčních částí
- Nerozebíratelné spoje
- Nedestruktivní zkoušky
- Tepelné zpracování

Následně musí být tlakové zařízení podrobeno tlakové zkoušce a konečné kontrole, při které se na základě vizuální kontroly a kontroly průvodních dokladů zhodnotí dodržení požadavků směrnice. Nakonec je tlakové zařízení řádně označeno a opatřeno štítkem [34].

Za sklad tlakových nádob je považován objekt nebo vymezená ohraničená plocha, sloužící ke skladování plných nebo prázdných nádob. Sklady jako takové se dají rozdělit na:

- Sklad manipulační – sklad zajišťující plynulý provoz plnírny, přípravny apod.
- Sklad prodejní – sklad, jehož součástí je i prodejní prostor
- Sklad příruční – sklad sloužící pro samostatný prodejní prostor umístěný v jiném objektu

Tyto sklady se dále dělí na otevřené a uzavřené. Rozdíl mezi těmito sklady je v poměru ploch uzavřených a otevřených obvodových stěn. Poslední možností jsou klece na skladování a prodej lahví. Ve všech případech musejí být sklady zastřešeny a zabezpečeny proti vstupu nepovolaných osob. Objekty skladů musí být jednopodlažní, nepodsklepené, bez půdních prostorů a v bezpečné vzdálenosti od dalších zařízení a budov, aby se minimalizovalo riziko požáru nebo exploze. Sklady s uskladňovací kapacitou nad 400 kg musejí mít přímý východ na volné prostranství. V případě prodejních prostor, mohou být ve výlohách a výstavních

prostorech vystaveny pouze nové nádoby nebo atrapy. Největší dovolená uskladňovací kapacita jednotlivých skladovacích míst je uvedena v tab. 9. Nejmenší vzdálenost skladovacích zařízení s kapacitou nad 400 kg od ostatních objektů je uvedena v tab. 10. Výjimkou jsou klece a prodejní automaty do 1 000 kg, kde vzdálenost od výdejních zařízení pohonných hmot je nejméně 6,5 metru. Pro sklady s kapacitou do 400 kg platí, že se mohou přistavět k zařízení nebo do prostoru s nebezpečím výbuchu. Výjimkou jsou prostory, kde by mohlo docházet k hromadění případného úniku plynu – šachty, sklepní otvory, kanály apod.

Tab. 9 Největší dovolená uskladňovací kapacita

Skladovací místo		**Největší uskladňovací kapacita (kg)**
Výdejní prostor	Uvnitř objektu	50
	Vně objektu	100
Příruční sklad	Přístupný pouze z vnitřního prostoru	200
	Přístupný i z venkovního prostoru	1000

Tab. 10 Vzdálenost skladů, klecí a prodejních automatů od ostatních objektů

Uskladňovací kapacita (kg)		**Nejmenší dovolená vzdálenost od**		
Nad	Do (včetně)	Provozních objektů a nezajištěných vstupů do podzemních prostorů	Obytných domů, veřejně přístupných budov nebo hranice sousedních pozemků	Hromadných úkrytů civilní ochrany
400	1 000	5 m	5 m	10 m
1 000	8 000	12 m	15 m	20 m
8 000	48 000	15 m	25 m	30 m
48 000		25 m	25 m	30 m

Tlakové lahve se skladují ve svislé poloze nebo naležato ventilem nahoru, v oddílech o maximální kapacitě 48 tun a ploše 160 m^2. Jednotlivé skladovací oddíly musí být jasně rozlišeny, aby nedošlo k záměně plných a prázdných lahví [35, 36].

Z důvodu bezpečnosti plynového zařízení, musejí podniky z hlediska zamezení nebo zmírnění účinků případných průmyslových havárií a ochrany života, zdraví, bezpečnosti a majetku osob, dodržovat bezpečnostní pásma. Bezpečnostním pásmem se rozumí „souvislý prostor vymezený svislými rovinami vedenými ve vodorovné vzdálenosti od půdorysu plynového zařízení, měřeno kolmo na jeho obrys“, definice dle zákona č. 458/2000 Sb. Rozsah bezpečnostních pásem je uveden v tabulce č. 11. Kromě bezpečnostních pásem mají plynárenská zařízení i ochranná pásma, které slouží k zajištění jejich bezpečnosti a spolehlivého provozu. Ochrannými pásmy (tab. 12) se rozumí „souvislý prostor vymezený svislými rovinami

vedenými ve vodorovné vzdálenosti od půdorysu plynárenského zařízení, měřeno kolmo na jeho obrys“. Rozdíl mezi těmito pásmy je zejména v tom, že za určitých podmínek (technických, bezpečnostních aj.) lze zřizovat v bezpečnostním pásmu stavby, a to s předchozím souhlasem fyzické či právnické osoby, odpovídající za provoz plynového zařízení. Kdežto v ochranném pásmu je zakázáno provádět činnosti, které by mohly ohrozit plynárenská zařízení, jejich spolehlivost a bezpečnost provozu [37].

Tab. 11 Bezpečnostní pásma plynových zařízení

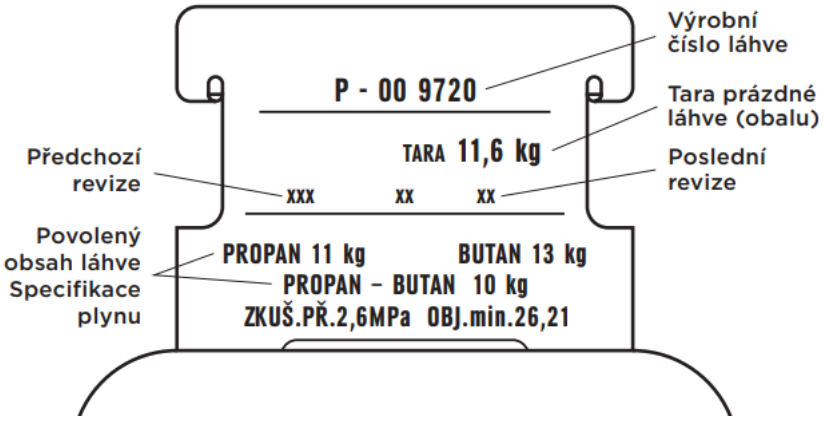
Druh zařízení	**Velikost pásma**
Zásobníky	250 m
Tlakové zásobníky zkapalněných plynů do vnitřního objemu	
nad 5 m^3 do 20 m^3	20 m
nad 20 m^3 do 100 m^3	40 m
nad 100 m^3 do 250 m^3	60 m
nad 250 m^3 do 500 m^3	100 m
nad 500 m^3 do 1000 m^3	150 m
nad 1000 m^3 do 3000 m^3	200 m
nad 3000 m^3	300 m
Plynojemy	
do 100 m^3	30 m
nad 100 m^3	50 m
Technologické objekty	
Plnírny plynů	100 m
Zkapalňovací stanice stlačených plynů	100 m
Odpařovací stanice zkapalněných plynů	100 m
Kompresorové stanice	200 m

Tab. 12 Ochranná pásma plynárenských zařízení

Druh plynárenského zařízení	**OP**
Plynovody a plynovodní přípojky do 4 barů v zastavěném území obce	1 m na obě strany
Plynovody a plynovodní přípojky do 4 barů mimo zastavěné území obce	2 m na obě strany
Plynovody a plynovodní přípojky od 4 do 40 barů	2 m na obě strany
Plynovody nad 40 barů	4 m na obě strany
Technologické objekty	4 m na každou stranu
Sondy zásobníku plynu	30 m od jejich ústí
Zásobníky plynu	30 m od jejich oplocení

5.4 Značení lahví

Lahve kromě štítku, na kterém jsou informace o látce, H a P věty a výstražné symboly, obsahují také značení. Pro aplikaci značení musí být použity metody s nízkým namáháním, navíc se značení umísťuje na málo namáhaná místa. V případě kovových lahví (obr. 14) musí být značení umístěno na rameni, límci láhve nebo trvale připevněno. Naopak u kompozitních lahví jsou to štítky, které bývají zapouzdřeny průhledným povlakem na rameni nebo boční stěně lahve nebo vytištěného v plastových součástech trvale připevněných k lahvi v oblasti dna nebo hrdla. Veškeré značky musejí být umístěny jasně, čitelně a trvale, aby po celou dobu používání zůstaly čitelné za všech provozních podmínek [38].



Obr. 14 Značení na límci lahve [39]

6 SYSTÉMOVÝ ROZBOR

6.1 Kontext řešené problematiky

V této diplomové práci je řešena problematika významných průmyslových havárií v ČR, přesněji analýza těchto havárií s LPG. Havárie jsou ukázkou toho, jak složité a propojené jsou naše moderní systémy a že i malé selhání v jedné části systému může mít vážné následky. I když četnost havárií má v dnešní době klesající tendenci, dochází nadále ke ztrátám na životech, újmě na zdraví či majetku, nebo k poškození životního prostředí. Z tohoto důvodu je velmi důležitá prevence související se zaváděním bezpečnostních opatření, přísnějších technických požadavků a nařízení. Tato všechna opatření by neměla být vnímána jako omezení, ale jako možnost prevence, růstu a inovace. Hodnocení těchto průmyslových havárií nám poskytuje prostor k reflexi a přehodnocení našich postupů, abychom se vyvarovali opakování minulých chyb a zlepšili svou schopnost předvídat a reagovat.

LPG, jakožto důležitý zdroj energie, nám přináší otázky o jeho povaze a úloze v našem ekonomickém a společenském kontextu. Jde o pohonnou hmotu a zdroj energie, který se využívá v mnoha odvětvích průmyslu, včetně automobilového, v domácnostech a při venkovních aktivitách. Přestože nám LPG v mnoha směrech usnadňuje život, tak se v případě nedodržování základních bezpečnostních zásad a opatření jedná o látku s vysokou mírou nebezpečí. Tato dvojznačnost nás vede k hledání rovnováhy mezi využíváním jejích přínosů a minimalizací rizik.

Bezpečnost a identifikace látky jsou klíčovými prvky minimalizace rizik, spojenými s využíváním LPG. Identifikace nebezpečí je prvním krokem k jejich kontrole a prevenci. Vzhledem ke kontinuální dopravě a skladování na území ČR je správné značení vozidel a tlakových nádob nezbytné pro informovanost a ochranu lidí při manipulaci s LPG.

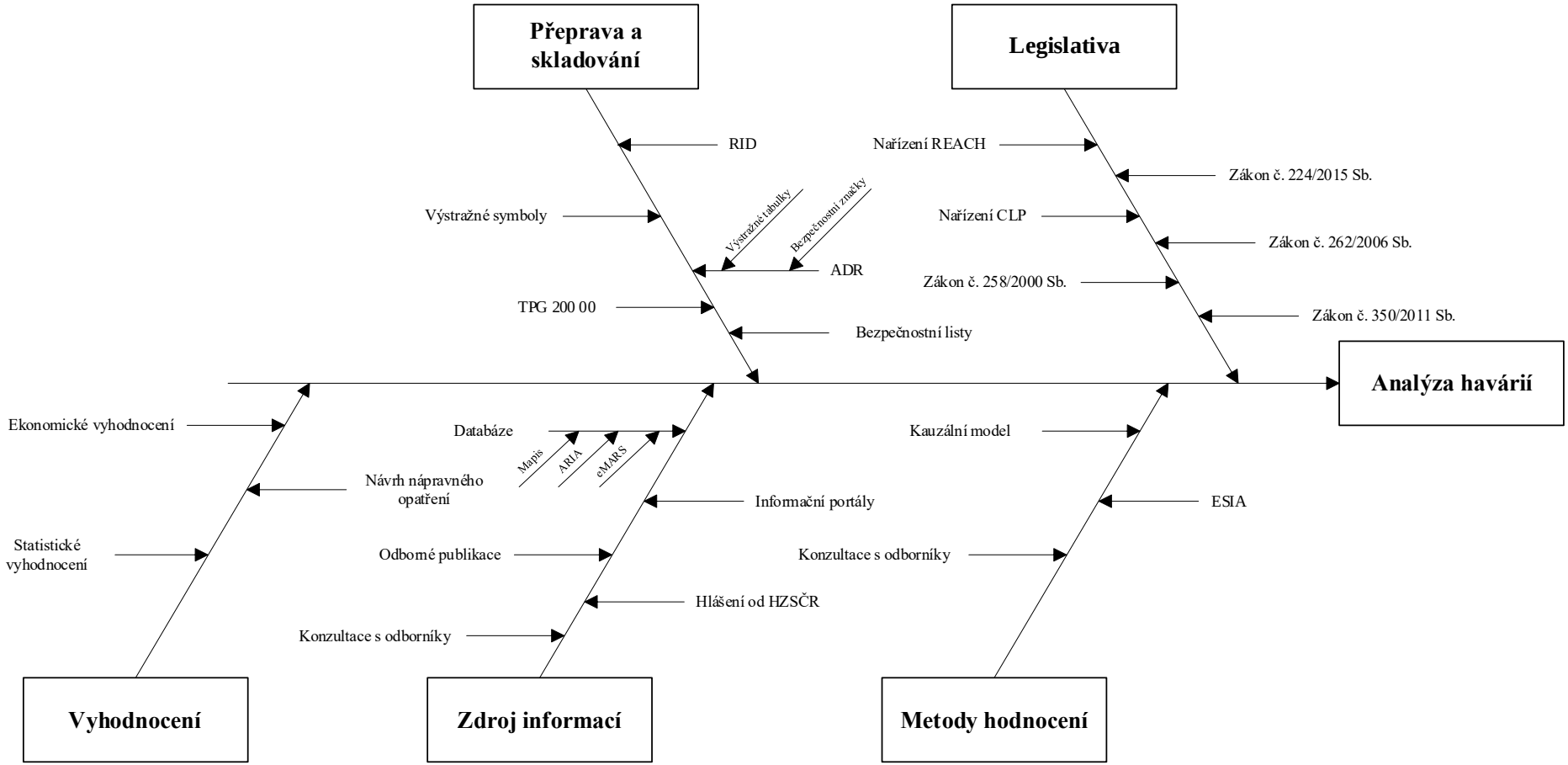
Podrobný přehled významných havárií s LPG na území ČR v letech 2003 až 2022 nám umožňuje zkoumat různé příčiny havárií a jejich dopadů. Následné statistické vyhodnocení poskytuje kvantitativní pohled na vývoj a trendy havárií, což nám pomáhá lépe porozumět jejich povaze a identifikovat oblasti, kde je třeba přijmout další opatření.

Poslední částí práce je návrh nápravného opatření, které je založeno na rozboru příčin havárií a na současných bezpečnostních postupech. Tato opatření jsou klíčovým prvkem při minimalizaci rizika, ochraně lidského života a životního prostředí. Součástí je i ekonomické zhodnocení, které nám umožňuje hodnotit efektivnost a návratnost investic do bezpečnostních

opatření souvisejících s LPG. Samotné ekonomické zhodnocení pak ukazuje, že investovat do bezpečnosti je nejen morálně správné, ale také ekonomicky výhodné.

Cíle této práce jsou:

- Rešerše problematiky bezpečnosti provozu skladů LPG
- Systémový rozbor
- Rešerše a statistická analýza havárií s LPG
- Návrh opatření ke zlepšení
- Ekonomické zhodnocení navržených opatření
- Diskuze problematiky

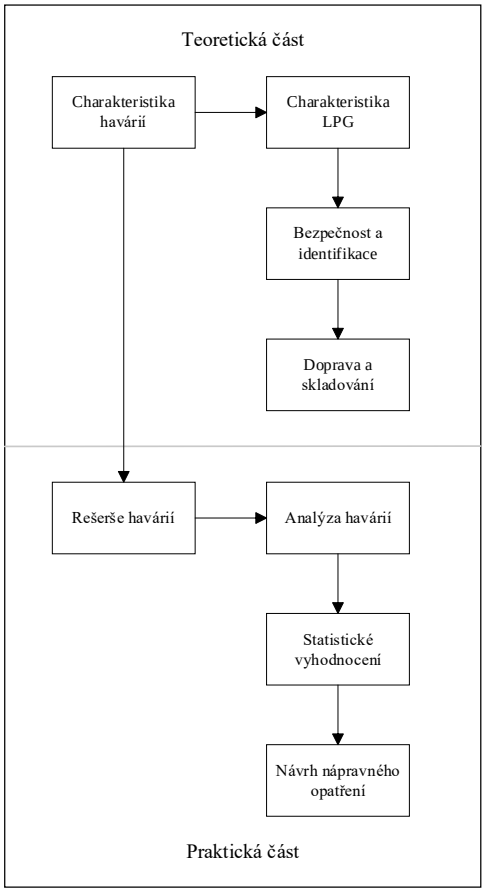


Obr. 15 Ishikawův diagram problematiky analýzy havárií s LPG

6.2 Zvolený přístup k řešení problematiky

Diplomová práce vychází ze stanovených cílů a je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část je věnována rešerši havárií, přesněji jejich základní charakteristice, prevenci vzniku, hodnocení a v poslední části jejich projevům. Součástí teoretické části je rešerše LPG, jeho využití a pohled na jeho spotřebu. Dále se teoretická část věnuje zákonům a pravidlům, které slouží ke zvyšování bezpečnosti a lepší identifikaci nebezpečných látek. Poslední část teoretické části se věnuje dopravě, přesněji dohodě ADR a skladování LPG.

V úvodu praktické části bude provedena rešerše havárií s LPG na území ČR, které budou vyhodnoceny metodou ESIA a za pomocí kauzálního modelu budou vyhodnoceny kořenové příčiny uvedených havárií. Následně bude provedeno statistické vyhodnocení, ve kterém budou vyvozeny závěry ohledně počtu havárií, jejich následků na zdraví a finančním ztrátám. Dále dojde k vyhodnocení kauzálních modelů, kořenových příčin a samotných vrcholových událostí, na které budou následně navrhnuta nápravná opatření, jejichž cílem je snížení četnosti těchto událostí, či minimalizace jejich následků. V závěru praktické části dojde k ekonomického vyhodnocení.



Obr. 16 Postup diplomové práce

7 VÝZNAMNÉ PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.1, významné (průmyslové) havárie jsou dle zákona č. 224/2015 Sb. mimořádné, částečně nebo zcela neovladatelné, časově a prostorově ohraničené události, které vznikají nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektů nebo zařízení, v němž jsou nebezpečné látky vyráběny, zpracovávány, používány, přepravovány nebo skladovány, a vedoucí k vážnému ohrožení nebo k vážnému dopadu na životy a zdraví lidí, hospodářských zvířat a životní prostředí nebo k finanční ztrátě na majetku.

Pomocí databází havárií eMARS, ARIA a Mapis, zpravodajských portálů a veřejných článků, bylo dohledáno dohromady 52 havárií na území České republiky, spojených s nebezpečnou látkou – LPG, a to v letech 2003 až 2022. Každá událost je stručně charakterizována, vyhodnocena pomocí Evropské stupnice ESIA a metodiky ISAAC. Účelem zvolené metodiky ISAAC je implementace nových možností a přístupů ke zjišťování příčin závažných (průmyslových) havárií s účastí nebezpečné látky pro potřeby vyšetřování Policie ČR, znaleckých posudků, průmyslových podniků a v neposlední řadě pro potřeby Ministerstva životního prostředí.

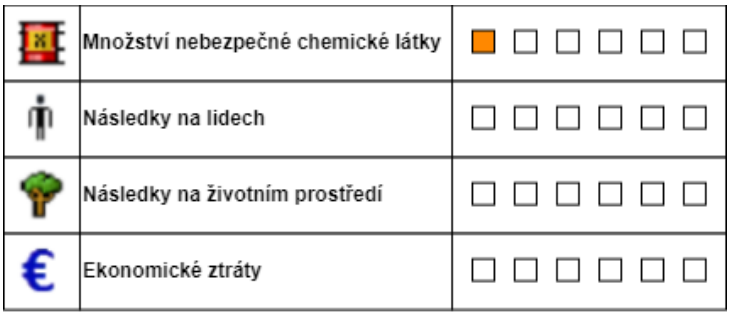
Pro srovnání jsou také uvedeny některé z významných průmyslových havárií v Evropě a ve světě. Tyto havárie však nejsou součástí výsledné statistiky havárií v letech 2003 až 2022.

7.1 Havárie v České republice

Následujících 52 havárií, je rozděleno do kapitol podle roku, kdy nastaly, jelikož v některých letech došlo k vícero haváriím ve stejném městě. V letech 2006 a 2007 se z dostupných zdrojů nepodařilo dohledat žádné havárie s LPG.

7.1.1 Události v roce 2003

Dne **5. 3. 2003** došlo k požáru automobilu značky Škoda Felicia s pohonem na LPG v Praze 3. Požárem byl zcela zničen interiér automobilu včetně karoserie [40].

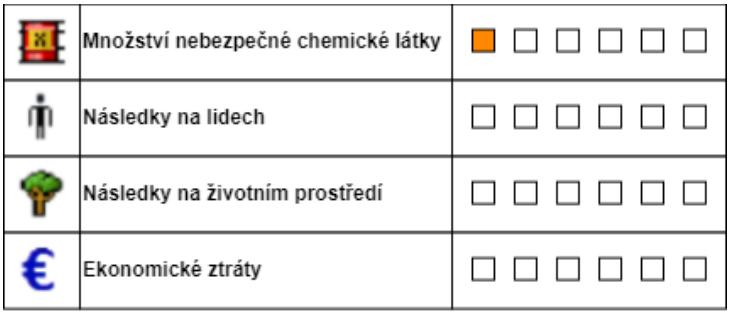


Obr. 17 ESIA události 5. 3. 2003

Tab. 13 Kauzální model události 5. 3. 2003

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha přívodního systému
Kořenová příčina	Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba

Dne **5. 10. 2003** došlo k požáru osobního automobilu značky Ford Sierra s alternativním pohonem LPG na dálnici D5 ve směru na Prahu. Požár se z motorové části rozšířil na celý vůz a bylo nutné zahájit chlazení nádrže s LPG, za účelem předejití její exploze. Celý vůz shořel, přičemž jednotky HZS nechaly kontrolovaně odhořet plyn z nádrže. Z bezpečnostních důvodů byl zcela zastaven provoz na dálnici ve směru na Prahu [41].



Obr. 18 ESIA události 5. 10. 2003

Tab. 14 Kauzální model události 5. 10. 2003

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **25. 11. 2003** došlo k výbuchu výrobní haly na výrobu plastových oken v obci Martinice. Mohutná detonace a následný požár kompletně zničili nově zrekonstruovanou halu o rozměrech 100x15 metrů. K incidentu naštěstí došlo v době, kdy byla hala prázdná, tudíž nebyl nikdo zraněn. Odhadovaná škoda byla vyčíslena na 15 milionů korun [42, 43].

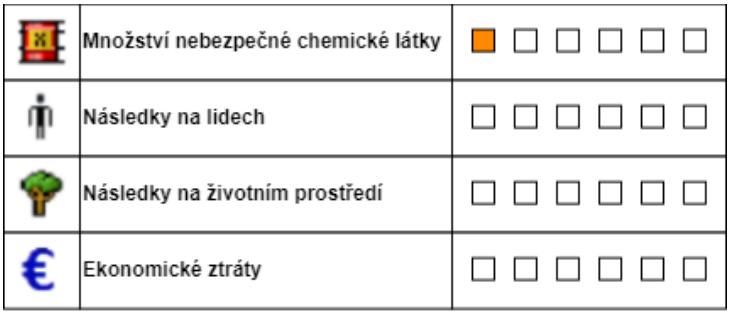
Obr. 19 ESIA události 25. 11. 2003

Tab. 15 Kauzální model události 25. 11. 2003

Vrcholová událost	Exploze
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace

7.1.2 Události v roce 2004

Dne **5. 2. 2004** zasahovala jednotka HZS Praha u požáru osobního automobilu v Praze 4. Jednalo se o požár v motorovém prostoru vozidla značky Škoda 125 L na alternativní pohon LPG. Příčinou vzniku byla technická závada na palivovém systému [44].



Obr. 20 ESIA události 5. 2. 2004

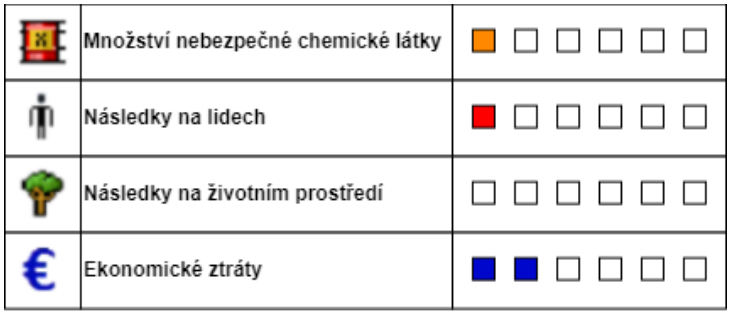
Tab. 16 Kauzální model události 5. 2. 2004

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha přívodního systému
Kořenová příčina	Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba

7.1.3 Události v roce 2005

Dne **21. 12. 2005** došlo k požáru střechy plynové kotelny a následně i vedlejšího objektu – meziskladu výrobků, v Břeclavi. Dohromady zasahovalo čtrnáct jednotek HZS. Silný požár zničil střechu o ploše cca 20x30 metrů a vzhledem k plamenům sahajícím až do výše 20 metrů, přeskočil na sousední čtyřpatrovou výrobní budovu, v němž shořelo cca 5 až 10 metrů

krychlových textilních a molitanových komponentů společnosti GUMOTEX a. s. Příčinou vzniku byla nedbalost při svařování přenosným propan-butanovým hořákem. Škoda byla vyčíslena na hodnotu 13 milionů korun, přičemž byla zraněna 1 osoba [45, 46].



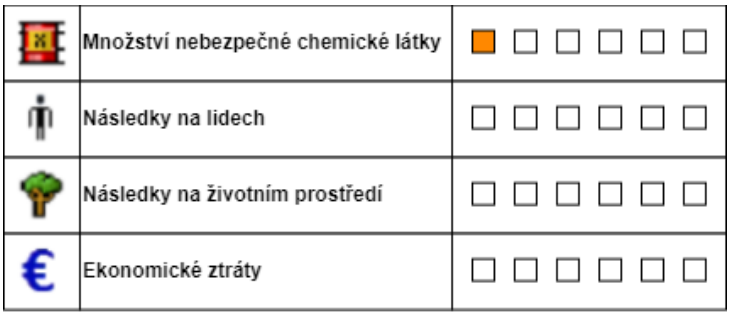
Obr. 21 ESIA události 21. 12. 2005

Tab. 17 Kauzální model události 21. 12. 2005

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Upadnutí nádoby
Kořenová příčina	Lidská chyba při manipulaci

7.1.4 Události v roce 2008

Dne **20. 1. 2008** jednotky HZS likvidovaly požár částečně potopeného automobilu značky Škoda Felicia po explozi nádrže LPG v zásobní nádrží v Praze 4 [47].



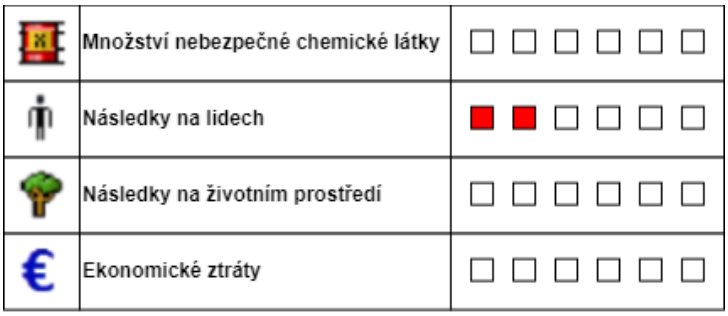
Obr. 22 ESIA události 20. 1. 2008

Tab. 18 Kauzální model události 20. 1. 2008

Vrcholová událost	Exploze
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace
Přímá příčina	Požár
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **19. 6. 2008** došlo k výbuchu propan-butanu při aplikaci polyuretanové pěny v Jihomoravském kraji. Hlavním faktorem bylo nedostatečné vyhodnocení rizik a nepřijetí

dostatečných opatření k jejich odstranění – práce v prostorách s nebezpečnou látkou. Došlo ke zranění 4 zaměstnanců [48].

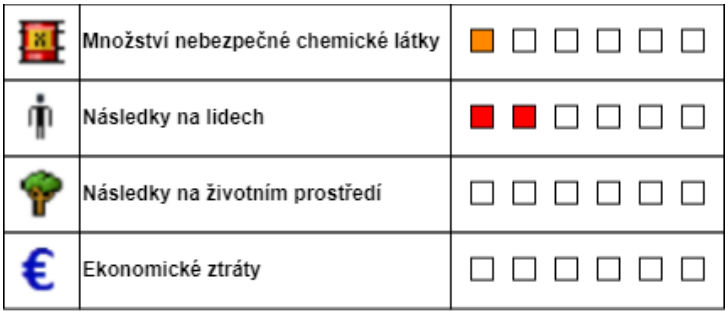


Obr. 23 ESIA události 19. 6. 2008

Tab. 19 Kauzální model události 19. 6. 2008

Vrcholová událost	Exploze
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace
Přímá příčina	Chybná manipulace
Kořenová příčina	Nedodržování postupů

Dne **23. 6. 2008** došlo k explozi a požáru nádrže na LPG v obci Rohozná. Příčinou byla nevhodná manipulace s nádrží o objemu 60 litrů, vymontovanou z automobilu, kterou se snažil rozebrat 26-ti letý muž ve sklepě. Muž měl za to, že se jedná o prázdnou nádrž, ale ve chvíli kdy povolil šroubení hlavního ventilu, došlo k úniku plynu do místnosti a následně do sousední prádelny, kde jeho matka topila v kotli. Muž stačil uniknout, ale matka a její manžel, snažící se zabránit následkům vyvstalé události byli zraněni a museli být přepraveni vrtulníkem do nemocnice [49].

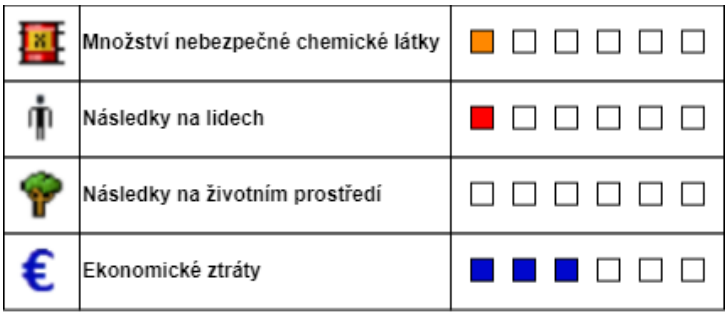


Obr. 24 ESIA události 23. 6. 2008

Tab. 20 Kauzální model události 23. 6. 2008

Vrcholová událost	Exploze
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace
Přímá příčina	Požár
Kořenová příčina	Nedodržování postupů

Dne **24. 6. 2008** byly složky HZS povolány do objektu bývalé mlékárny v Černé za Bory. Příčinou byla nedbalost při řezání propan-butanovým řezákem. Jelikož byly uvnitř objektu uloženy počítačové komponenty, škoda byla vyčíslena téměř na 100 milionů korun. Při hašení požáru byl zraněn jeden dělník, který byl s popáleninami převezen do nemocnice [50, 51, 52].

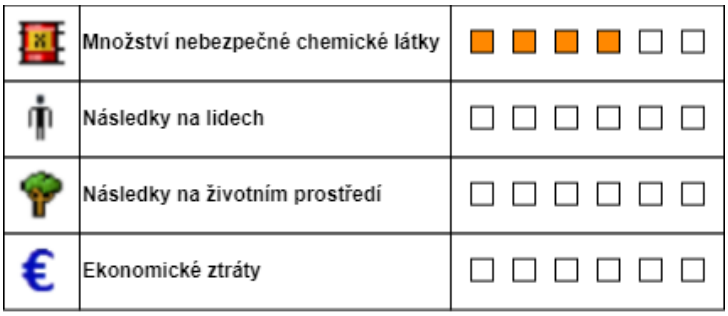


Obr. 25 ESIA události 24. 6. 2008

Tab. 21 Kauzální model události 24. 6. 2008

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Únik z blízkého zařízení
Kořenová příčina	Lidská chyba při manipulaci

Dne **8. 9. 2008** došlo k úniku LPG na čerpací stanici ve Starém Hrozenkově. Řidič nákladní soupravy nedbal varování dalších řidičů kamionů a narazil při couvání do čerpací stanice na LPG, kde následně poškodil i přetlakový ventil zásobníku, čímž došlo k silnému úniku LPG do ovzduší. Zásobník o obsahu 4 tisíc litrů byl naplněn do ¾ [53].



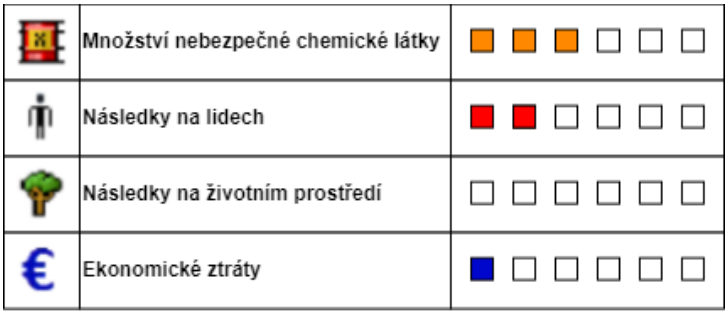
Obr. 26 ESIA události 8. 9. 2008

Tab. 22 Kauzální model události 8. 9. 2008

Vrcholová událost	Únik
Nezbytná příčina	Nadměrné mechanické namáhání z vnějších příčin
Přímá příčina	Zatížení zařízení
Kořenová příčina	Lidská chyba při manipulaci

Dne **7. 10. 2008** byl v ranních hodinách nahlášen na operační středisko HZS Olomouckého kraje únik LPG v Olomouci. Jelikož došlo k velkému úniku nebezpečné látky, která se

pohybovala po areálu jako mrak plynu, složky HZS evakuovaly jednu z budov provozu, se 171 pracovníky. Dohromady uniklo přibližně tří tisíce litrů LPG. Příčinou bylo neúmyslné přerušení spojení mezi zásobníkem a cisternou, do které se LPG přečerpávalo [54, 55].

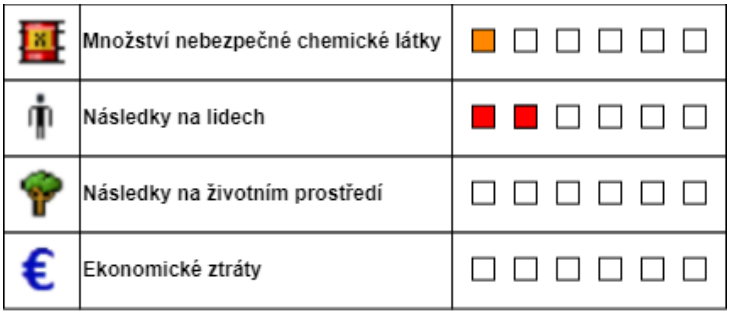


Obr. 27 ESIA události 7. 10. 2008

Tab. 23 Kauzální model události 7. 10. 2008

Vrcholová událost	Únik
Nezbytná příčina	Nadměrné mechanické namáhání z vnějších příčin
Přímá příčina	Zatížení zařízení
Kořenová příčina	Chybná instalace

Dne **23. 10. 2008** došlo k požáru osobního vozidla značky Volkswagen Sharan s pohonem na LPG v Přeloučské čerpací stanici. Příčinou byla technická závada v palivovém systému. Odhadovaná škoda činila cca 100 tisíc korun, při níž došlo ke zranění čtyř osob [56].



Obr. 28 ESIA události 23. 10. 2008

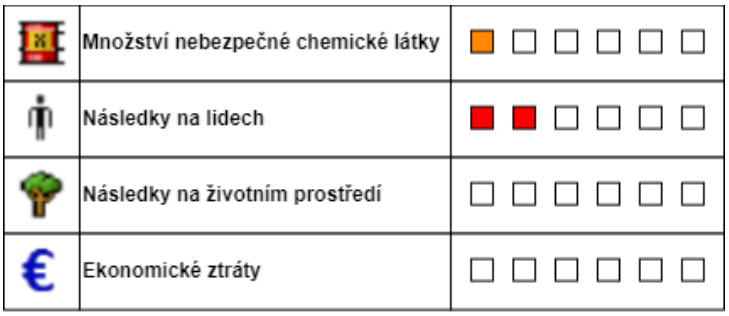
Tab. 24 Kauzální model události 23. 10. 2008

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha přívodního systému
Kořenová příčina	Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba

7.1.5 Události v roce 2009

Dne **5. 2. 2009** došlo k výbuchu a následnému požáru propan-butanové láhve v Brně v Chrlicích. Příčinou byla nevhodná manipulace 24-letého muže s lahví o hmotnosti 10 kg. Při

výbuchu lahve utrpěl pracovník vážné popáleniny, z důvodu vzplanutí jeho oblečení. Podobné zranění utrpěl i 46letý mistr, který přispěchal muži na pomoc [57, 58].

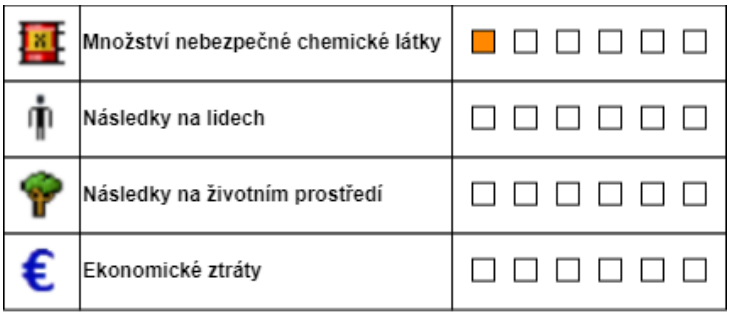


Obr. 29 ESIA události 5. 2. 2009

Tab. 25 Kauzální model události 5. 2. 2009

Vrcholová událost	Exploze
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace
Přímá příčina	Únik z blízkého zařízení
Kořenová příčina	Lidská chyba při manipulaci

Dne **11. 3. 2009** byly vyslány tři jednotky HZS k požáru garáže a automobilu přestavěného na LPG v obci Ostravice. I přes rychlý zásah a lokalizaci zdroje požáru byla celá garáž o rozměru 5,5x5 metrů zcela zničena. Škoda byla vyčíslena na 100 tisíc korun [59].

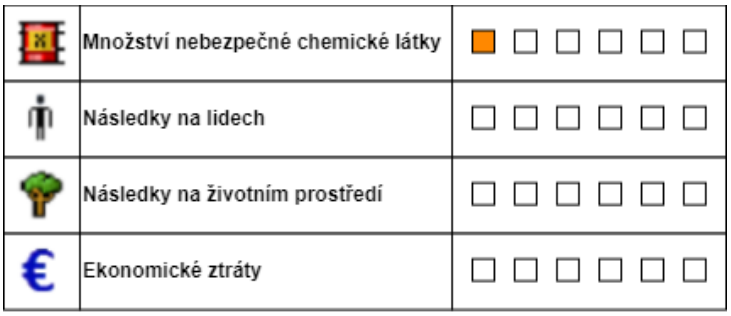


Obr. 30 ESIA události 11. 3. 2009

Tab. 26 Kauzální model události 11. 3. 2009

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Únik z blízkého zařízení
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **12. 6. 2009** došlo k požáru osobního automobilu u Tlumačova. Jednalo se o vůz značky Škoda Felicia combi, provozovaného na alternativní pohon LPG. Řidič za jízdy zjistil, že se kouří z podlahy a auto začíná hořet. Požár způsobil škodu ve výši 40 tisíc korun. Příčinou byla technická závada alternativního pohonu [60].

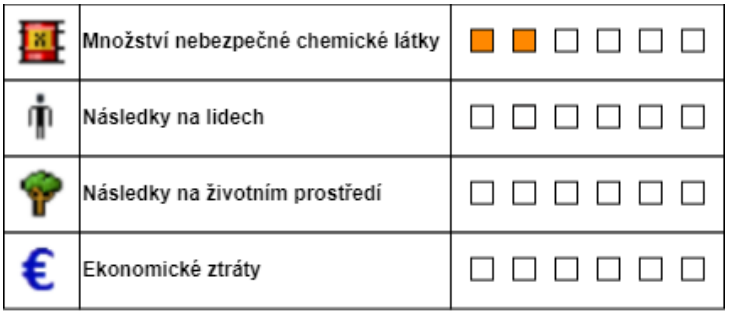


Obr. 31 ESIA události 12. 6. 2009

Tab. 27 Kauzální model události 12. 6. 2009

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace

Dne **13. 7. 2009** došlo k požáru osobního automobilu s pohonem na LPG v obci Lojovice. Vozidlo bylo celé zasaženo požárem, přičemž se navíc zjistilo, že se ve vozidle nacházely další dvě desetikilové propan-butanové láhve [61].

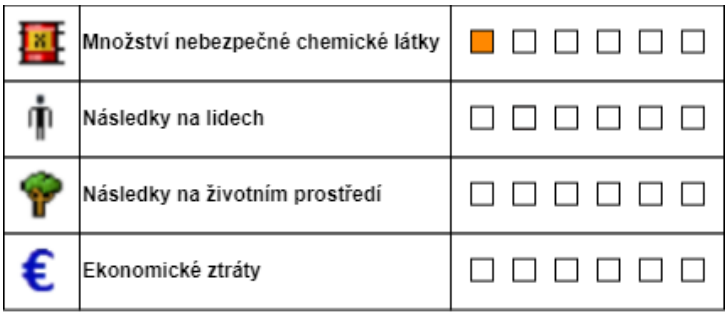


Obr. 32 ESIA události 13. 7. 2009

Tab. 28 Kauzální model události 13. 7. 2009

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **30. 10. 2009** byly jednotky HZS z Jaroměře vyslány k požáru motorového prostoru osobního automobilu s pohonem na LPG mezi obcemi Dolany a Sebuč. Jednalo se o vozidlo značky Škoda Felicia [62].

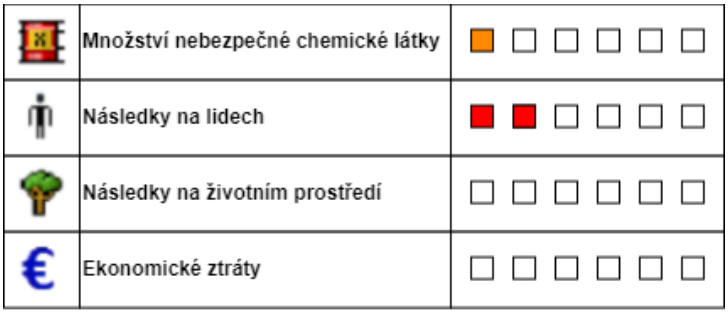


Obr. 33 ESIA události 30. 10. 2009

Tab. 29 Kauzální model události 30. 10. 2009

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **2. 11. 2009** došlo k výbuchu propan-butanu v Jihomoravském kraji. Pověřená osoba prováděla zakázanou manipulaci s propan-butanovou lahví – vypouštění zbytkového plynu v prostorech příkopu, kde probíhaly stavební práce s otevřeným ohněm, přičemž došlo ke zranění 4 osob [63].



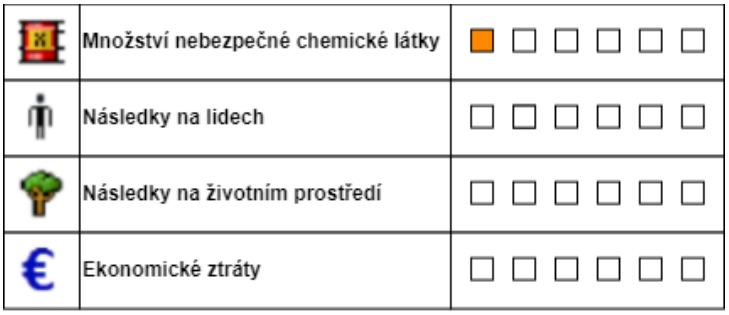
Obr. 34 ESIA události 2. 11. 2009

Tab. 30 Kauzální model události 2. 11. 2009

Vrcholová událost	Exploze
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace
Přímá příčina	Požár
Kořenová příčina	Nedodržování postupů

7.1.6 Události v roce 2010

Dne **11. 10. 2010** došlo k požáru osobního automobilu značky Škoda Felicia s pohonem na LPG v Olomouci. Při příjezdu složek HZS byla motorová část zcela v plamenech, přičemž se požár částečně rozšířil i na palubní část a na přední sedadla. Příčinou vzniku požáru byla technická závada na baterii vozidla [64].



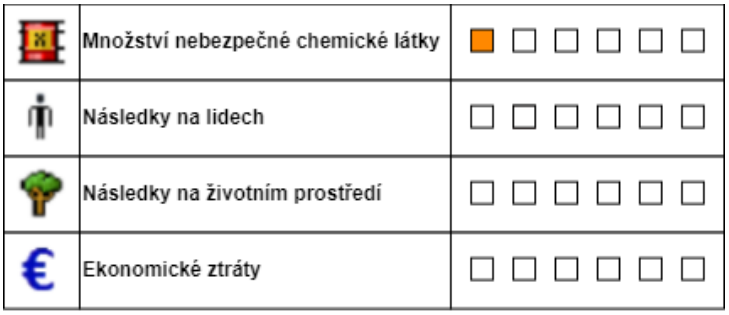
Obr. 35 ESIA události 11. 10. 2010

Tab. 31 Kauzální model události 11. 10. 2010

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

7.1.7 Události v roce 2011

Dne **8. 1. 2011** byly vyslány jednotky HZS k požáru osobního automobilu s pohonem na LPG v Letovicích [65].

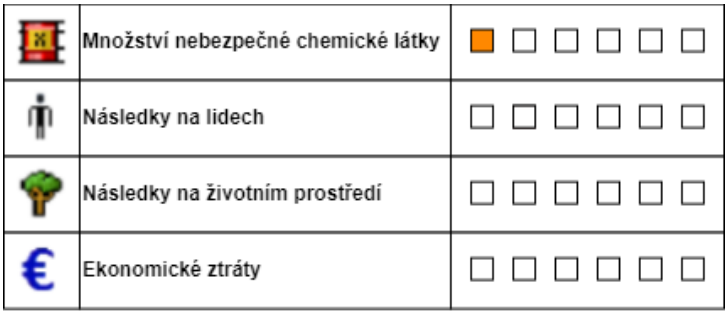


Obr. 36 ESIA události 8. 1. 2011

Tab. 32 Kauzální model události 8. 1. 2011

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace

Dne **12. 1. 2011** byly jednotky HZS vyslány k požáru osobního automobilu s pohonem na LPG ve směru od Žatce na Louny. Jednalo se o vozidlo značky Citroen, kterému zcela shořela motorová část [66].

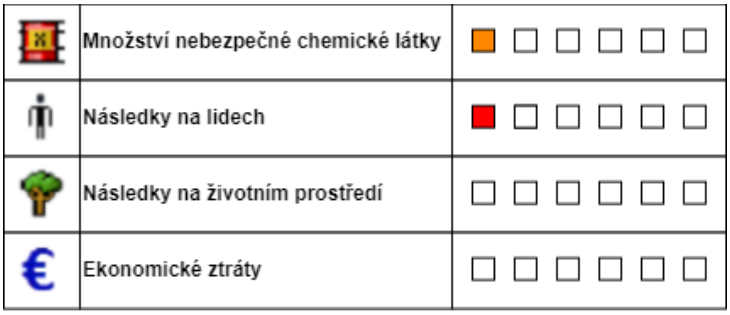


Obr. 37 ESIA události 12. 1. 2011

Tab. 33 Kauzální model události 12. 1. 2011

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace

Dne **15. 1. 2011** došlo k výbuchu osobního automobilu s pohonem na LPG v Chomutově. Jednalo se o vozidlo značky Mazda 5. Po příjezdu složek HZS bylo zjištěno, že došlo k výbuchu vozidla krátce po natankování, doprovázené požárem. Dle přítomných se auto doslova nafouklo a řidič měl obrovské štěstí, že vyváznul pouze s lehkými popáleninami [67].

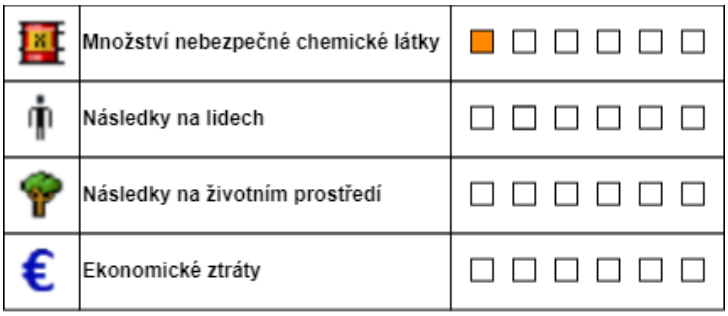


Obr. 38 ESIA události 15. 1. 2011

Tab. 34 Kauzální model události 15. 1. 2011

Vrcholová událost	Exploze
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace
Přímá příčina	Požár
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **28. 2. 2011** došlo k požáru osobního automobilu značky Mercedes Benz s pohonem na LPG v Praze [68].

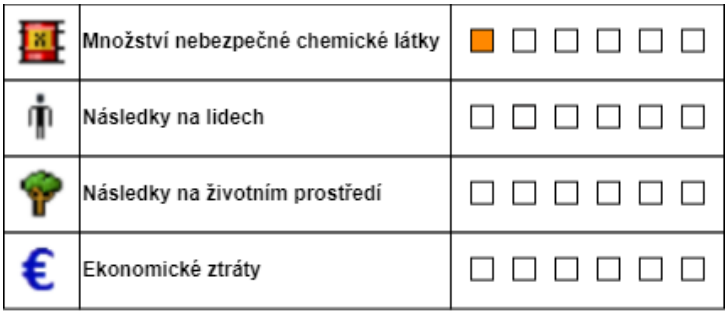


Obr. 39 ESIA události 28. 2. 2011

Tab. 35 Kauzální model události 28. 2. 2011

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace

Dne **23. 4. 2011** došlo k požáru osobního automobilu Škoda Felicia s pohonem na LPG v Praze [69].

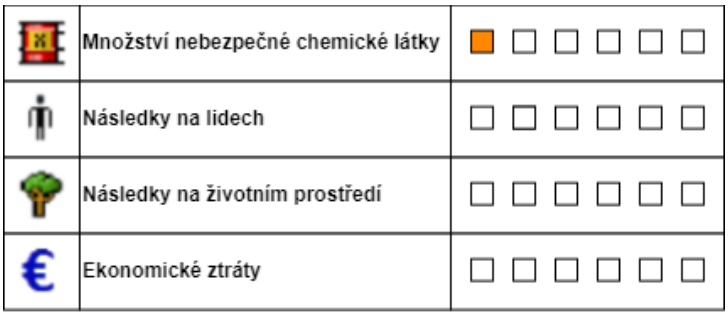


Obr. 40 ESIA události 23. 4. 2011

Tab. 36 Kauzální model události 23. 4. 2011

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **18. 5. 2011** došlo k požáru osobního automobilu s pohonem na LPG na dálnici D1 na 28,5 km ve směru na Prahu [70].

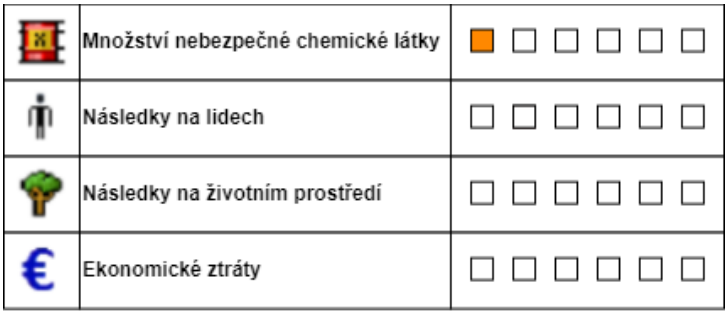


Obr. 41 ESIA události 18. 5. 2011

Tab. 37 Kauzální model události 18. 5. 2011

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba

Dne **1. 10. 2011** došlo k požáru osobního automobilu s pohonem na LPG v obci Ostrožská Nová Ves. Požár zcela zničil motorovou část. Odhadovaná škoda 30 tisíc korun [71].



Obr. 42 ESIA události 1. 10. 2011

Tab. 38 Kauzální model události 1. 10. 2011

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba

7.1.8 Události v roce 2012

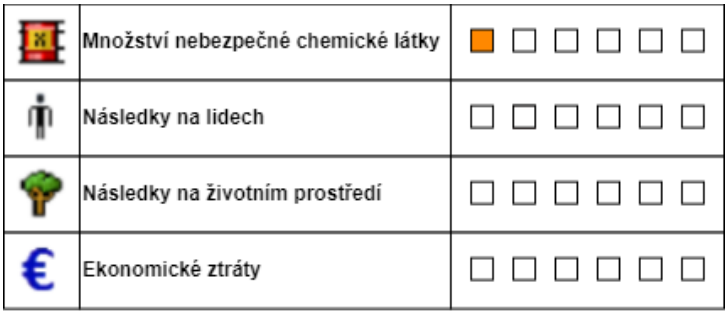
Dne **2. 2. 2012** došlo k explozi a následnému požáru v areálu firmy Tomegas v obci Branice na Písecku. Po příjezdu složek HZS byl již celý objekt o rozměrech 10x10 metrů v plamenech, přičemž navíc z hořícího objektu vylétávaly vybuchující tlakové propan-butanové láhve, a to až do vzdálenosti 100 metrů. Samotný zásah hasičů komplikoval silný mráz, který způsobil namrzání vody na komunikacích. Výše škody byla stanovena na cca 3 miliony korun [72].

Obr. 43 ESIA události 2. 2. 2012

Tab. 39 Kauzální model události 2. 2. 2012

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Únik z blízkého zařízení
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **10. 5. 2012** došlo k požáru osobního automobilu značky Škoda Octavia s pohonem na LPG v Trhových Svinech. Příčinou byla nedbalost majitele vozu, který v jeho těsné blízkosti svařoval pomocí elektrického agregátu. Požár zcela zničil motorovou část a velmi poškodil zbylou část vozu. Škoda byla stanovena na 30 tisíc korun, přičemž uchráněný majetek měl hodnotu 100 tisíc korun [73].

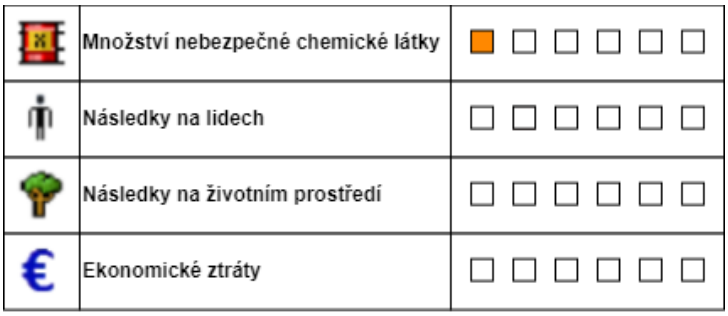


Obr. 44 ESIA události 10. 5. 2012

Tab. 40 Kauzální model události 10. 5. 2012

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Podcenění rizik při svařování
Kořenová příčina	Nedodržování postupů

Dne **19. 5. 2012** došlo k požáru osobního automobilu značky Renault Megane s pohonem na LPG u obce Březinka. Vůz začal hořet za jízdy, avšak řidič vozidla stihl vozidla včas zastavit a bezpečně jej opustit. V době příjezdu složek HZS bylo celé vozidlo v plamenech. Příčinou byla závada na elektroinstalaci [74].

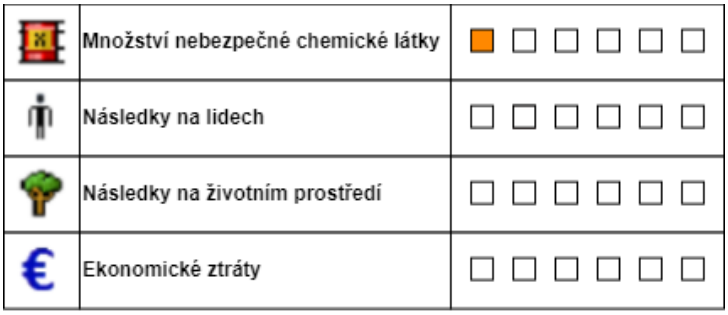


Obr. 45 ESIA události 19. 5. 2012

Tab. 41 Kauzální model události 19. 5. 2012

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace

Dne **21. 6. 2012** došlo k požáru osobního automobilu značky Škoda Felicia s pohonem na LPG na 301,5 km dálnice D1 ve směru na Ostravu. Požár zcela zničil motorovou část. Příčinou vzniku požáru byla technická závada palivového systému. Výši škody stanovil vyšetřovatel na 40 tisíc korun [75].



Obr. 46 ESIA události 21. 6. 2012

Tab. 42 Kauzální model události 21. 6. 2012

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba

Dne **2. 11. 2012** došlo pár minut před půlnocí k požáru hotelu Kuba v obci Kubova Huť. Vlivem požáru došlo ke zničení střechy a 3. podlaží. Jelikož se jednalo o mimo sezónní období, nebyli v hotelu naštěstí žádní hosté. Příčinou byla technická závada na ventilu tlakové láhve s propan-butanem. Škoda byla odhadnuta na 5 milionů korun [76, 77, 78].

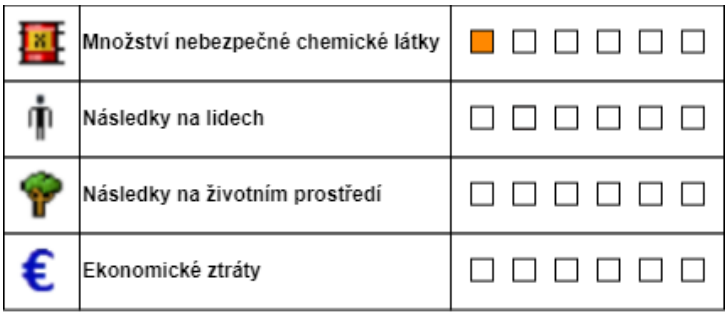
Obr. 47 ESIA události 2. 11. 2012

Tab. 43 Kauzální model události 2. 11. 2012

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Únik z blízkého zařízení
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

7.1.9 Události v roce 2013

Dne **27. 4. 2013** byly vyslány jednotky HZS k požáru osobního automobilu značky Škoda Felicia s pohonem na LPG v Praze [79].

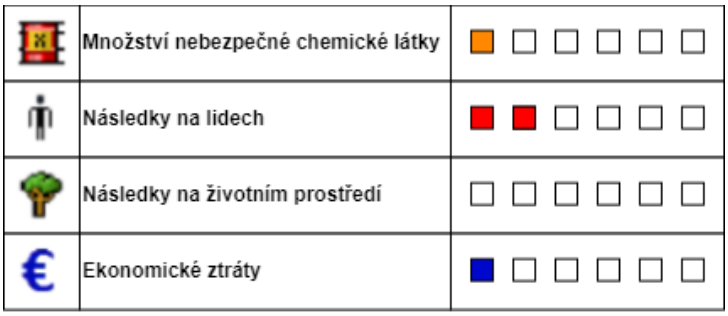


Obr. 48 ESIA události 27. 4. 2013

Tab. 44 Kauzální model události 27. 4. 2013

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **31. 7. 2013** došlo k požáru velkokapacitního seníku v Malíkovicích. Po příjezdu složek HZS bylo zjištěno, že je v plamenech celý objekt o rozměrech 18x60 metrů a hrozí požár sousedního objektu, kde byly chovány prasata. Příčinou vzniku požáru byla nedbalost při svařování. Škoda byla odhadnuta na 20 milionů korun, přičemž byly zraněni 2 členové HZS [80, 81].

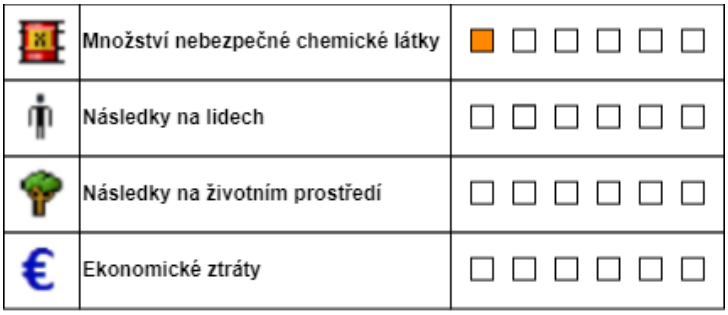


Obr. 49 ESIA události 31. 7. 2013

Tab. 45 Kauzální model události 31. 7. 2013

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Podcenění rizik při svařování
Kořenová příčina	Nedodržování postupů

Dne **14. 10. 2013** došlo k požáru osobního automobilu značky Škoda 120 s pohonem na LPG v obci Proseč. Požár zcela zničil vozidlo. Příčinou byla technická závada – vypadnutí hadičky od AC pumpy, jedná se o jednu z nejčastějších příčin vzniku požáru u těchto starších typů vozidel. Škoda byla odhadnuta na 30 tisíc korun [82].

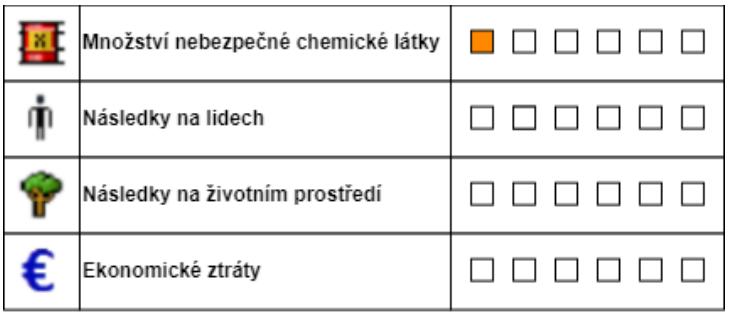


Obr. 50 ESIA události 14. 10. 2013

Tab. 46 Kauzální model události 14. 10. 2013

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **30. 12. 2013** vyjely jednotky HZS k požáru osobního automobilu s pohonem na LPG v České Třebové [83].



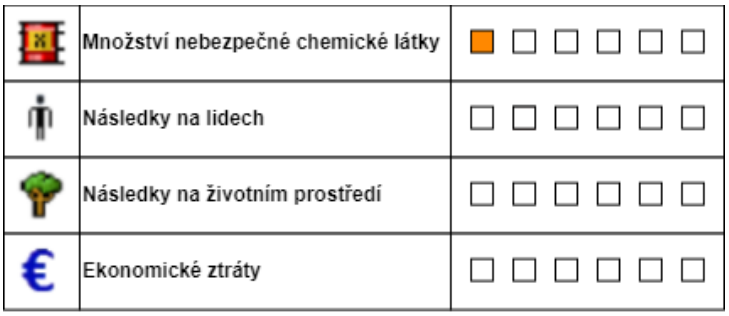
Obr. 51 ESIA události 30. 12. 2013

Tab. 47 Kauzální model události 30. 12. 2013

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba

7.1.10 Události v roce 2014

Dne **9. 3. 2014** došlo k požáru osobního automobilu značky Škoda Felicia s pohonem na LPG v Jankovicích. Při příjezdu složek HZS bylo celé vozidlo již v plamenech. Příčinou vzniku požáru byla technická závada na přívodním kabelu k řídící jednotce. Škoda byla vyčíslena na 25 tisíc korun [84].



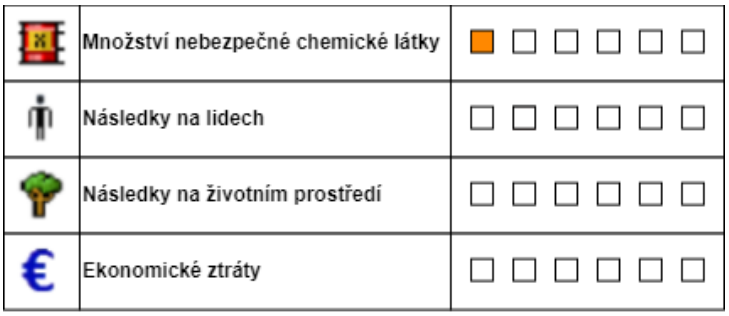
Obr. 52 ESIA události 9. 3. 2014

Tab. 48 Kauzální model události 9. 3. 2014

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

7.1.11 Události v roce 2015

Dne **23. 11. 2015** došlo k požáru osobního automobilu s pohonem na LPG v Plzi na čerpací stanici. Požár se podařilo uhasit obsluze ještě před příjezdem složek HZS [85].



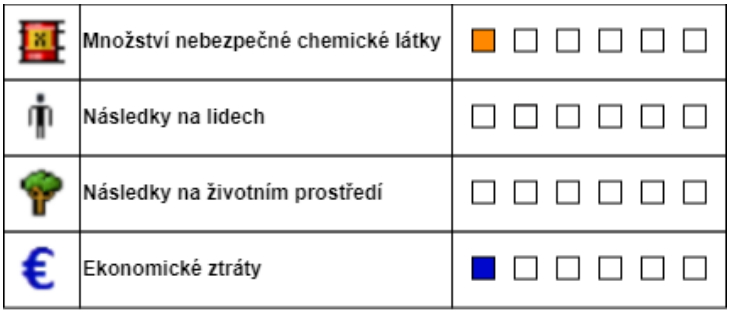
Obr. 53 ESIA události 23. 11. 2015

Tab. 49 Kauzální model události 23. 11. 2015

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba

7.1.12 Události v roce 2016

Dne **10. 4. 2016** došlo k požáru přízemního objektu s restaurací, prodejny potravin, kanceláří a několika skladů v Dolanech na Mělnicku. V době příjezdu složek HZS, byl již celý objekt v plamenech. Samotný zásah trval téměř 5 hodin, přičemž hašení požáru značně komplikovala propadlá střecha jednoho z objektů, která hasičům bránila v přístupu k ohnisku požáru. Příčinou vzniku požáru byl netěsnící ventil na tlakové láhvi LPG. Škoda byla odhadnuta na 10 milionů korun.

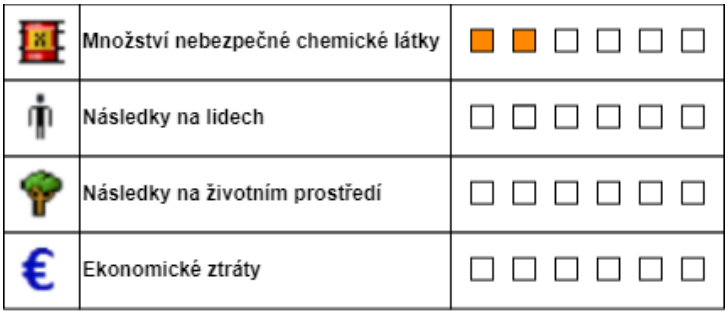


Obr. 54 ESIA události 10. 4. 2016

Tab. 50 Kauzální model události 10. 4. 2016

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Únik z blízkého zařízení
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **18. 6. 2016** došlo k úniku LPG na čerpací stanici v Mostě. Při tankování kapalného LPG do podzemního zásobníku se přetlakem otevřel pojistný ventil, ten však zamrzl, a proto nedošlo k jeho uzavření a plyn začal unikat [86].



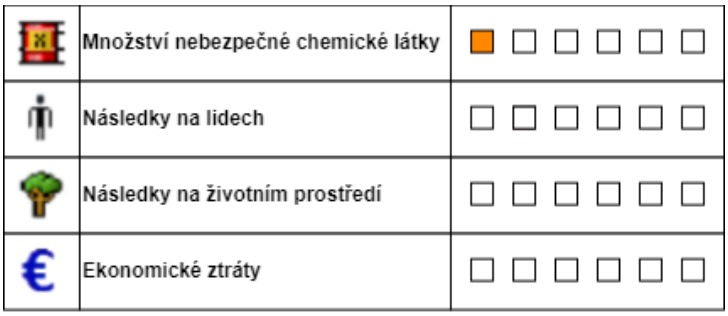
Obr. 55 ESIA události 18. 6. 2016

Tab. 51 Kauzální model události 18. 6. 2016

Vrcholová událost	Únik
Nezbytná příčina	Vnitřní přetlak
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba

7.1.13 Události v roce 2017

Dne **28. 5. 2017** došlo k požáru osobního automobilu značky Škoda Octavia s pohonem na LPG v Praze. Jednalo se o požár motorové části vozidla. Příčinou byla technická závada na přívodním potrubí. Škoda byla odhadnuta na 10 tisíc korun [87].

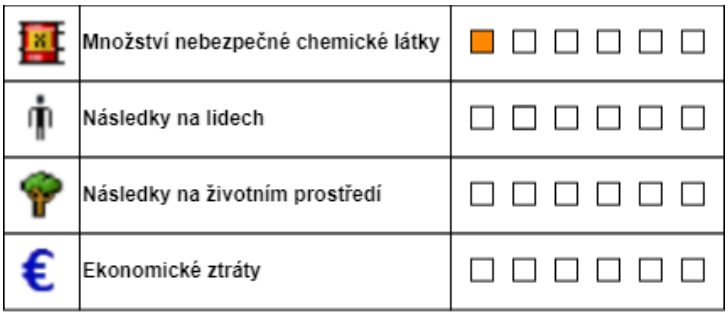


Obr. 56 ESIA události 28. 5. 2017

Tab. 52 Kauzální model události 28. 5. 2017

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba

Dne **29. 5. 2017** došlo k požáru osobního automobilu značky Škoda Felicia s pohonem na LPG v Praze. Vozidlo bylo plameny zcela zničeno. Příčinou byla technická závada [88].

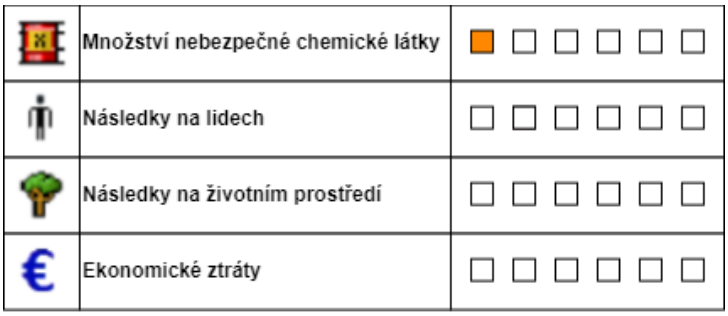


Obr. 57 ESIA události 29. 5. 2017

Tab. 53 Kauzální model události 29. 5. 2017

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **23. 8. 2017** byly vyslány jednotky HZS k požáru osobního automobilu s pohonem na LPG v Rabakovské ulici v Praze. Požár zcela zničil motorovou část. Příčinou byla technická závada. Škoda byla vyčíslena na 50 tisíc korun [89].



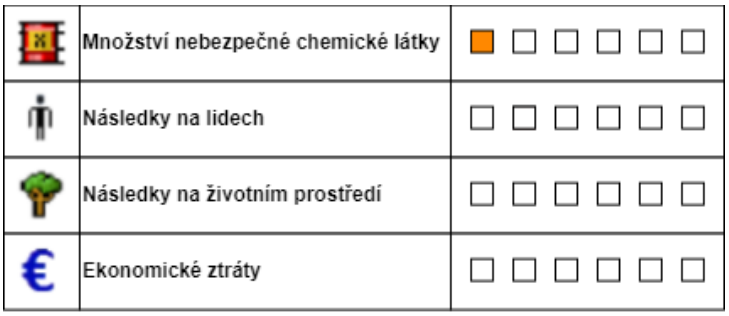
Obr. 58 ESIA události 23. 8. 2017

Tab. 54 Kauzální model události 23. 8. 2017

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba

7.1.14 Události v roce 2018

Dne **26. 9. 2018** došlo k požáru osobního automobilu s pohonem na LPG v Brně v Bystrci. Během požáru došlo i k výbuchu tlakové láhve s propan-butanem [90].



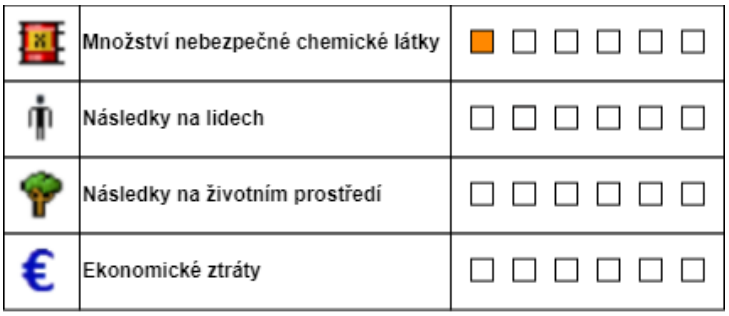
Obr. 59 ESIA události 26. 9. 2018

Tab. 55 Kauzální model události 26. 9. 2018

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

7.1.15 Události v roce 2019

Dne **31. 5. 2019** byly vyslány jednotky HZS k požáru osobního automobilu s pohonem na LPG ve Voticích. Vozidlo bylo plameny zcela zničeno [91].

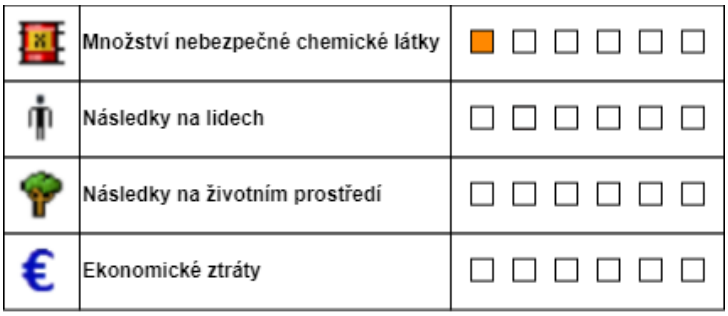


Obr. 60 ESIA události 31. 5. 2019

Tab. 56 Kauzální model události 31. 5. 2019

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **27. 7. 2019** došlo k úniku LPG ze zásobníku v Holubicích na Vyškovsku. Únik byl zastaven pomocí dřevěné ucpávky [92].

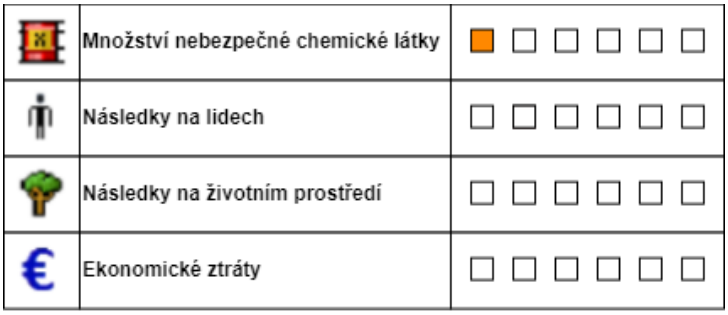


Obr. 61 ESIA události 27. 7. 2019

Tab. 57 Kauzální model události 27. 7. 2019

Vrcholová událost	Únik
Nezbytná příčina	Degradace mechanických vlastností
Přímá příčina	Koroze
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **29. 10. 2019** byly vyslány jednotky HZS k požáru osobního automobilu s pohonem na LPG v Újezdu u Brna [93].

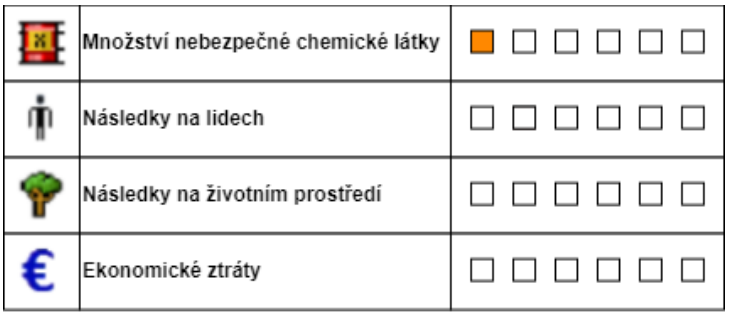


Obr. 62 ESIA události 29. 10. 2019

Tab. 58 Kauzální model události 29. 10. 2019

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba

Dne **11. 12. 2019** došlo k požáru osobního automobilu značky Renault Megane s pohonem na LPG u Klepáčova na Šumpersku. Vozidlo bylo plameny zcela zničeno [94].



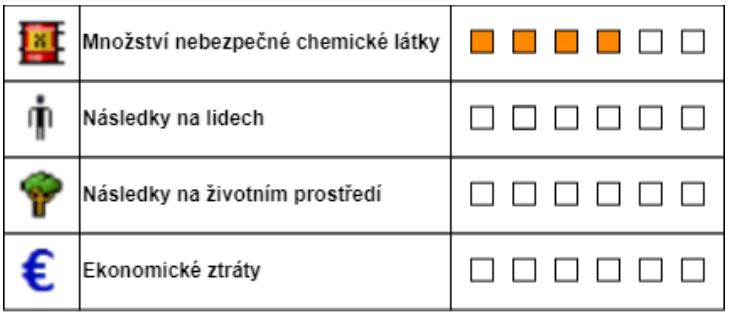
Obr. 63 ESIA události 11. 12. 2019

Tab. 59 Kauzální model události 11. 12. 2019

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace

7.1.16 Události v roce 2020

Dne **18. 6. 2020** došlo k požáru dvou nadzemních zásobníků na LPG v blízkosti čerpací stanice pohonných hmot v Českém Těšíně. Dohromady zasahovalo 10 jednotek HZS po dobu více než 23 hodin, během kterých probíhalo kontrolované hoření a chlazení zásobníku z důvodu zabránění případné následné exploze. Problémem vyvstalé události byl fakt, že zásobníky byly před třemi dny doplněny na své maximum. Příčinou havárie bylo úmyslné zapálení [95].



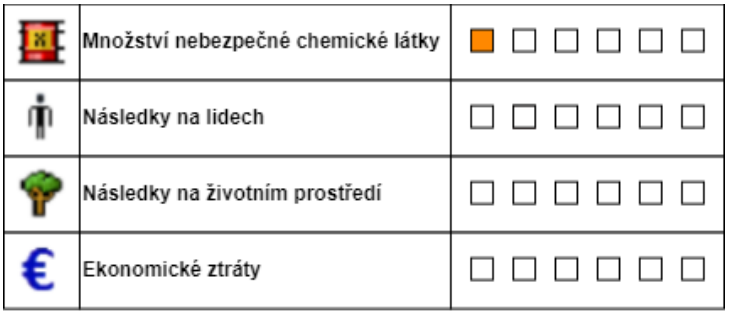
Obr. 64 ESIA události 18. 6. 2020

Tab. 60 Kauzální model události 18. 6. 2020

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Vnější fyzické poškození
Kořenová příčina	Úmyslné jednání

7.1.17 Události v roce 2021

Dne **3. 1. 2021** došlo k požáru osobního automobilu s pohonem na LPG v Krásnu nad Bečvou. Požár zcela zničil motorovou část [96].

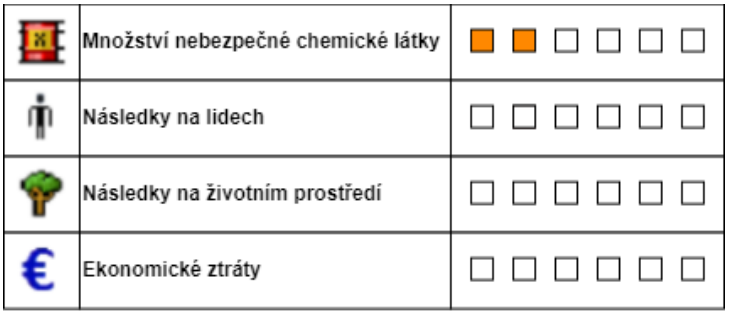


Obr. 65 ESIA události 3. 1. 2021

Tab. 61 Kauzální model události 3. 1. 2021

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba

Dne **2. 3. 2021** došlo k úniku LPG na čerpací stanici u obce Holubice [97].



Obr. 66 ESIA události 2. 3. 2021

Tab. 62 Kauzální model události 2. 3. 2021

Vrcholová událost	Únik
Nezbytná příčina	Vnitřní přetlak
Přímá příčina	Porucha systému
Kořenová příčina	Nedostatečná či vadná údržba

Dne **18. 11. 2021** došlo k explozi v jedné z hal společnosti recyklující kovové odpady ve Vysokém Mýtě. Příčinou vzniku byl pravděpodobně nevědomý pokus o recyklaci tlakové láhve na LPG, jelikož při vyšetřování vzniku události, byl nalezen fragment tlakové láhve v recyklační komoře. Škoda byla odhadnuta na 30 milionů korun.

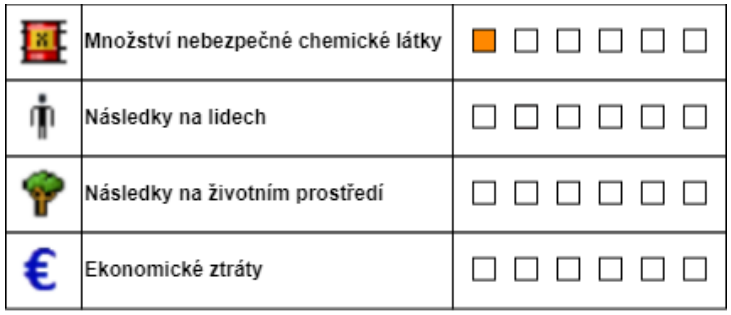
Obr. 67 ESIA události 18. 11. 2021

Tab. 63 Kauzální model události 18. 11. 2021

Vrcholová událost	Exploze
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace
Přímá příčina	Chybná manipulace
Kořenová příčina	Nedodržování postupů

7.1.18 Události v roce 2022

Dne **27. 3. 2022** zasahovaly jednotky HZS u požáru dřevěné pergoly v Lichnově. Příčinou vzniku požáru byla nevhodná manipulace s propan-butanovou láhví připojenou k zahradnímu grilu. Po uhašení požáru bylo nutné ochladit láhev, aby nedošlo k její explozi. Škoda byla vyčíslena na 20 tisíc korun [98].



Obr. 68 ESIA události 27. 3. 2022

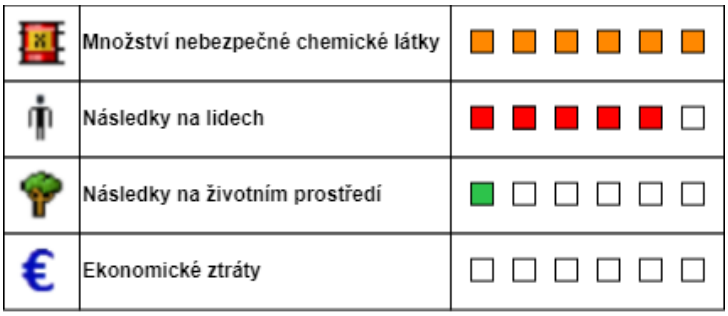
Tab. 64 Kauzální model události 27. 3. 2022

Vrcholová událost	Požár
Nezbytná příčina	Přítomnost hořlavé látky
Přímá příčina	Únik z blízkého zařízení
Kořenová příčina	Lidská chyba při manipulaci

7.2 Významné havárie v Evropě

7.2.1 Feyzin 1966

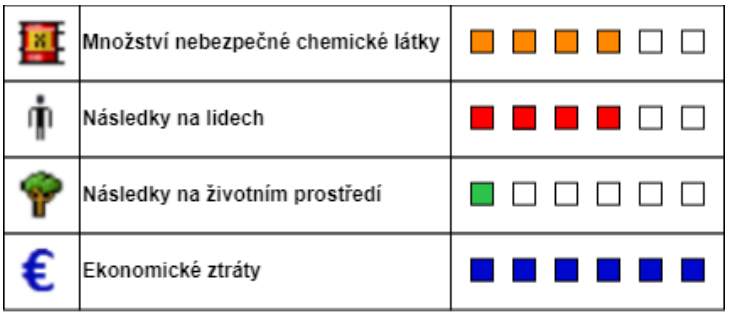
Dne 4. 1. 1966 došlo k požáru a řadě výbuchů ve francouzské rafinerii ve městě Feyzin. Tato rafinerie byla uvedena do provozu v roce 1964 a zpracovávala 1,7 milionu tun ropy ročně. Její skladovací zóna obsahovala 10 kulových nádrží na propan a butan s kapacitou 13 000 m^3. V den havárie provedl pracovník podniku postup při odvzdušňování nádrží ve špatném pořadí, což vedlo k zamrznutí ventilů a jejich zablokování. Unikající propan se vznášel směrem k přilehlé dálnici, kde v 7:15 došlo k jeho vznícení. Chvíli na to došlo k první explozi nádrže. I přes velkou snahu záchranářů došlo zhruba o 2 hodiny později k další explozi nádrže. Silné exploze vymrštily kusy nádrží až do vzdálenosti 700 metrů. Tlaková vlna byla zaznamenána až v sousedním městě Vienne, vzdáleném 16 kilometrů od havárie. Dohromady zahynulo 18 lidí, 84 lidí bylo zraněno a bylo poškozeno 1475 obydlí. Celkově došlo k úniku 8 000 m^3 (1500 tun) ropných produktů [99].



Obr. 69 ESIA události Feyzin 1966

7.2.2 La Mède 1992

Dne 9. 11. 1992 došlo k požáru a několika explozím ve francouzské rafinerii ve městě La Mède, kde první výbuch byl zaznamenám ráno v 5:20. Příčinou vzniku havárie byl únik plynu z potrubí, který způsobil vznik mraku plynu, skládajícího se z 5 tun směsi různých plynů (propanu a butanu) a lehkého benzínu. Tento mrak následně explodoval a byl důsledkem vzniku domino efektu dalších zařízení rafinerie o ploše 2 ha. Exploze byly zaznamenány až ve vzdálenosti 30 kilometrů od místa havárie, přičemž v okruhu 1 kilometru došlo k rozbití oken. Při této havárii zahynulo 6 lidí a 37 lidí bylo zraněno. Škoda byla vyčíslena na 230 milionů eur [100].



Obr. 70 ESIA události La Mède 1992

7.2.3 Dagneux 2007

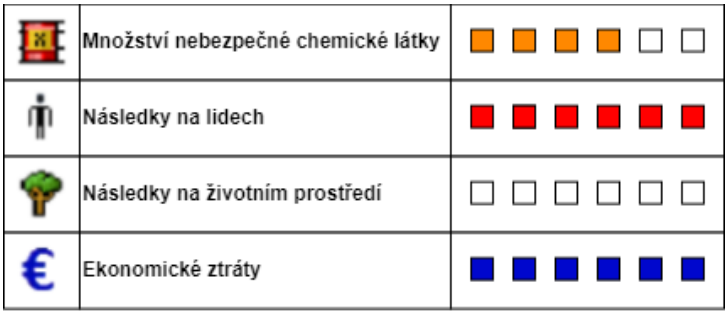
Dne 7. 5. 2007 došlo k explozím a požárům ve francouzské obci Dagneux. Večer krátce po osmé hodině si kolemjdoucí všimnul požáru kabiny jedné ze tří cisteren v koloně převážející LPG, stojících v areálu firmy zabývající se terénními úpravami. Ve 21:15 došlo k první explozi, po které následovalo několik dalších. Tyto exploze způsobily rozsáhlé materiální školy v okruhu 900 metrů, dohromady se jednalo o 5 podniků, které byly zničeny nebo silně poškozeny a 23 lidí utrpělo různé formy zranění. Jedna cisterna obsahovala 2,5 tuny propanu, další cisterna několik set kilogramů propanu, přičemž poslední z nich byla prázdná, ale doposud neodvzdušněná. Příčina vzniku události nebyla přímo zjištěna, nicméně vyšetřovatelé přisuzují vznik požáru absenci bezpečnostního ventilu, otvoru ve feruli cisterny, nebo přerušení ventilu v horní části cisterny [101].

Obr. 71 ESIA události Dagneux 2007

7.2.4 Viareggio 2009

Dne 29. 6. 2009 došlo k explozi a požáru na nádraží ve francouzském městě Viareggio. Pár minut před půlnocí, když vlak projížděl nádražím si průvodčí všimnul, že došlo k vykolejení pěti ze čtrnácti cisteren, převážejících LPG. Po nárazu do výhybky došlo k protržení pláště jedné z cisteren, čímž došlo k úniku této nebezpečné látky a následně k vzniku mraku plynů, který chvíli na to explodoval. Nádraží a přilehlé objekty zachvátil intenzivní požár s doprovodnými explozemi. Příčinou vykolejení vagónů byl únavový lom přední nápravy

prvního železničního vozu konvoje. Doprovodnou příčinou také byla nedostatečná údržba těchto vozů, jejichž nápravy byly zasaženy korozí. Dohromady zemřelo 32 lidí, 50 lidí bylo zraněno a 1100 osob bylo evakuováno. Dále došlo ke zničení, nebo významnému poškození několika objektů, vozidel a úsek železniční trati, na které došlo k havárii, byl zcela zničen. Škoda byla vyčíslena na 32 milionů eur [102].



Obr. 72 ESIA události Viareggio 2009

7.3 Významné havárie ve světě

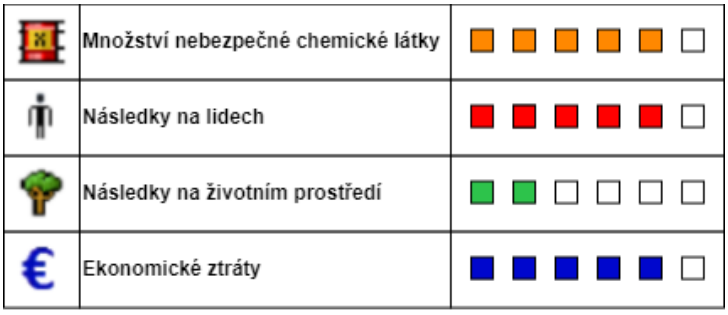
7.3.1 San Juan Ixhuatepec 1984

Dne 19. 11. 1984 došlo k požáru a řadě explozí ve skladovacím a distribučním zařízení pro LPG v Mexiku ve městě San Juan Ixhuatepec. Zařízení se skládalo celkem z 54 nádrží, které dohromady tvořily skladovací kapacitu 16 200 m^3. Během přečerpávání LPG došlo k prasknutí potrubí, což mělo za následek vytvoření mraku plynu, který byl následně unášen směrem k západnímu konci areálu, kde se nacházela spalovací jáma odpadních plynů, což mělo za následek jeho vznícení. Zhruba v 5:40 došlo k první explozi, která vážně poškodila cisternový park a vyústila v mohutný požár živený unikajícím LPG z nově poškozených nádrží. Během jedné hodiny došlo k 16 explozím (BLEVE), přičemž menší exploze přetrvávaly až do 10 hodin dopoledne následujícího dne. Dohromady zemřelo zhruba 650 lidí, 7 000 lidí bylo zraněno a 200 000 evakuováno. Exploze zdemolovaly domy a vymrštily kovové úlomky (až 20 tun) až do vzdálenosti 1,2 kilometru. Tlaková vlna zničila či částečně poškodila domy a podniky a to až do vzálenosti 7 kilometrů od místa incidentu. Teplo vznikající při požáru zpopelnilo většinu těl, přičemž pouze 2 % nalezených ostatků byly v identifikovatelném stavu [103].

Obr. 73 ESIA události S. J. Ixhuatepec 1984

7.3.2 Brenham 1992

Dne 7. 4. 1992 došlo v nadzemní části podzemního skladu k výbuchu mraku plnu. Skladovací zařízení tvořila kaverna o objemu 60 000 m^3 naplněná LPG. Směs LPG a solanky (roztok anorganické soli) se dostala až k výpustnému otvoru, který sloužil pro varování v případě hrozícího přeplnění zařízení. Následně došlo k vytlačení 500 až 1 600 m^3 zkapalněných plynů na povrch. Detektory na úrovni terénu zaznamenaly únik plynu, ale vzhledem k tomu že se jednalo pouze o jednotný signál, dispečer nebyl schopen zjistit o jaký počet detektorů šlo. Posledním selháním byl uzavírací ventil v potrubí ústí vrtu, který se neuzavřel. Nad stanicí se vytvořil oblak plynu a i přes snahu zaměstnanců zablokovat příjezdové cesty do stanice, v 7:08 vjel automobil do mraku plynu, což vedlo k jeho vznícení a následnou silnou explozi. Dohromady zemřeli 3 lidé, 21 bylo zraněno a v okruhu 7,8 km^2 došlo k různým stupňům poškození všech budov. Celkové náklady byly odhadnuty na 8,2 milionů eur [104].



Obr. 74 ESIA události Brenham 1992

7.3.3 Ankara 2003

Dne 5. 7. 2003 došlo k požáru a explozi na čerpací stanici v hlavním městě Turecka Ankara. Příčinou úniku LPG byla nevhodná hadice s nekompatibilním spojem. Unikající plyn vytvořil mrak, který se chvíli na to vznítil a následovala řada explozí. Jednou z příčin havárie byla skutečnost, že majitel čerpací stanice nebyl příliš nakloněný bezpečnostním předpisům,

jelikož stanice nebyla vybavena žádným bezpečnostním zařízením ani pokyny. Navíc společnost, která vlastnila cisternu, nebyla smluvním dodavatelem LPG a její vybavení neodpovídalo požadovaným předpisům. Dohromady zemřeli 3 lidé, 189 bylo zraněno a bylo poškozeno 100 domů. Zničeno bylo také 17 vozidel a sousední budova, kde v den havárie probíhala svatební hostina [105].

Obr. 75 ESIA události Ankara 2003

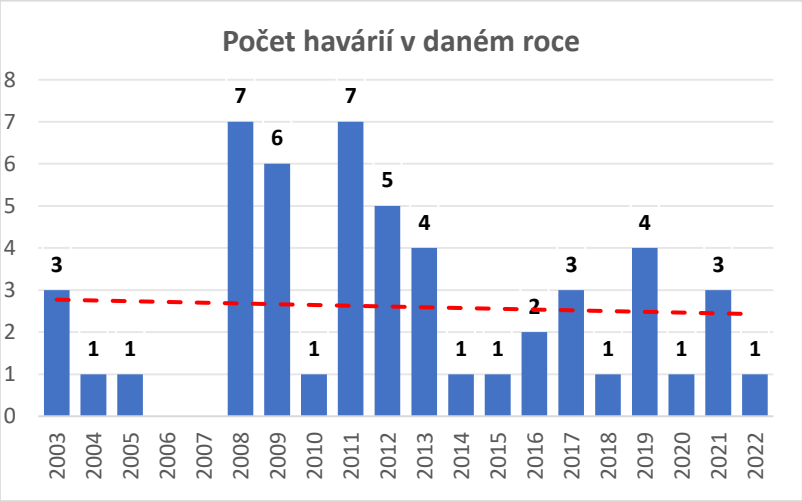
7.3.4 Čiba 2011

Dne 11. 3. 2011 ve 14:46 byl východ Japonska zasažen silným zemětřesením o síle 9 stupňů Richterovy škály. V 15:35 byl hlášen únik LPG v rafinerii nacházející se v rozsáhlém petrochemickém komplexu v Tokijském zálivu. O 15 minut později došlo ke vznícení a rozšíření požáru na přilehlé kulové nádrže s butanem a butylenem. Rychlé šíření požáru způsobilo pád většiny nádrží – selhání podpěry, a několik po sobě jdoucích explozí. Příčinou počátečního úniku LPG bylo zřícení nádrže s vodou pro hydraulickou zkoušku po prvním otřesu hlavního zemětřesení. Toto zemětřesení mělo za následek selhání podpěrných ramen během prvního následujícího otřesu o síle 7,2 stupňů Richterovy škály. Konstrukce přizpůsobená seismickému riziku pro zatížení plynem nezohlednila přetížení způsobené naplněním nádrže vodou. Další doprovodnou příčinou byl fakt, že v této části sítě nefungovalo automatické bezpečnostní vypnutí okruhu pro přepravu plynu, jelikož dříve byly problémy s automaticky se uzavírajícím se ventilem. Rafinerie obnovila činnost až po 6 měsících, přičemž ztráty se pohybovaly v řádu 100 milionů eur. Toto zemětřesení také zcela zničilo rafinerii ve městě Sendai a čtyři další, které ale byly poškozeny jen mírně [106].

Obr. 76 ESIA události Čiba 2011

8 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ

Jedním z cílů závěrečné práce bylo statistické vyhodnocení událostí – havárií, s LPG, ke kterým došlo na území České republiky v letech 2003 až 2022. Na základě získaných informací prostřednictvím veřejně přístupných databází, zpravodajských portálů a článků, se podařilo dohledat celkem 52 havárií, jejichž počet v daném roce je uveden na obrázku č. 77. V tabulce č. 65 jsou tyto havárie rozděleny podle sektorů, tj. podle toho, kde nastaly.



Obr. 77 Počet havárií v daném roce

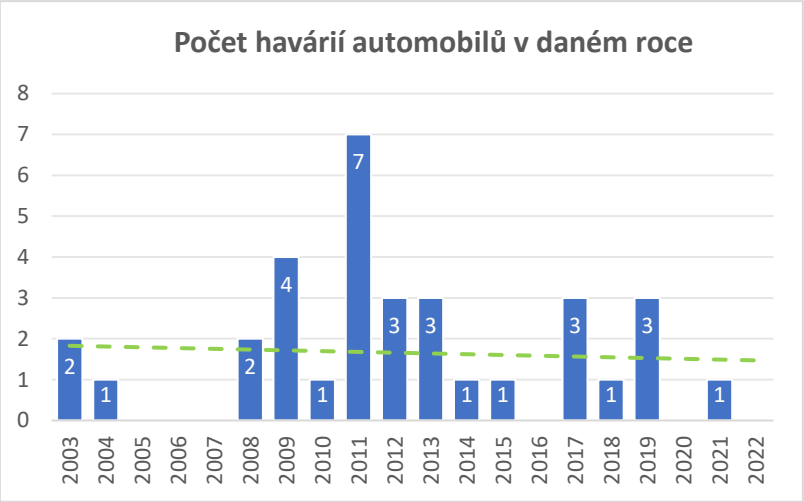
Tab. 65 Rozdělení havárií podle sektoru

Oblast havárie	Počet havárií v daném sektoru	Z celkového počtu	Finanční ztráty
Osobní vozy	33	63,5 %	1 160 000 Kč
Průmysl	10	19,2 %	180 115 000 Kč
Čerpací stanice	5	9,6 %	155 000 Kč
Ostatní	4	7,7 %	15 050 000 Kč

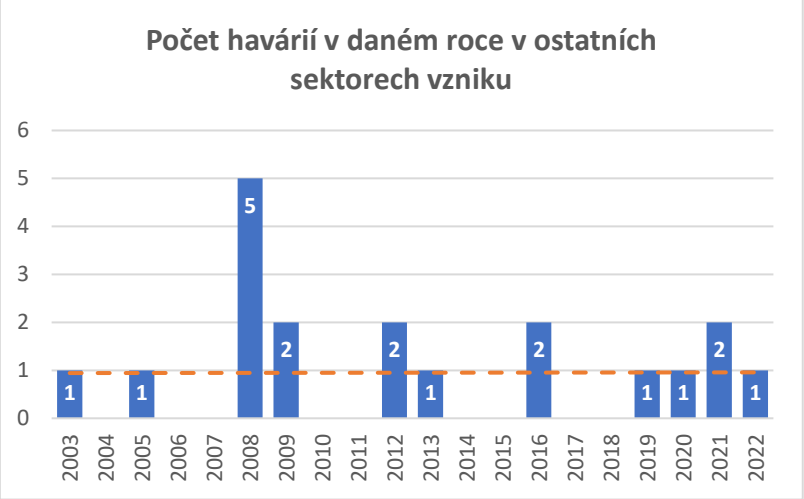
Na základě uvedeného grafu (obr. 77) lze konstatovat, že celkový počet havárií spojených s LPG za rok, má klesající tendenci. Samozřejmě je potřeba vzít v potaz, že téměř 64 % z celkového počtu havárií je spojeno s osobními automobily (viz tab. 65), přičemž u 32 z nich byl vrcholovou událostí požár. Příčinou této statistiky je skutečnost, že ve většině případů se jednalo o starší osobní automobily, které byly v průběhu své existence přestavěny právě na zmíněný pohon LPG, jelikož jejich majitelé přestavby realizovali za účelem levnějších provozních nákladů. Vzhledem ke skutečnosti, že přestavba na LPG není zcela levnou záležitostí (viz. kap. 3.2), tak dochází v mnoha případech k neodborné instalaci těchto systémů, k montáži již použitých nebo levných komponentů, za účelem snížení pořizovacích nákladů

LPG systémů. Přestože jsou havárie s osobními automobily nejčetnější skupinou výběru, k největším finančních ztrátám došlo v průmyslových zařízeních.

Aby nedošlo ke zkreslení dat statistického vyhodnocení vlivem velkého počtu havárií spojených s osobními automobily, jsou níže uvedeny další dva grafy, kde jsou v prvním grafu vyhodnoceny havárie spojené pouze s osobními automobily (obr. 78) a ve druhém grafu jsou havárie spojené s ostatními sektory vzniku (obr. 79).



Obr. 78 Počet havárií osobních automobilů v daném roce

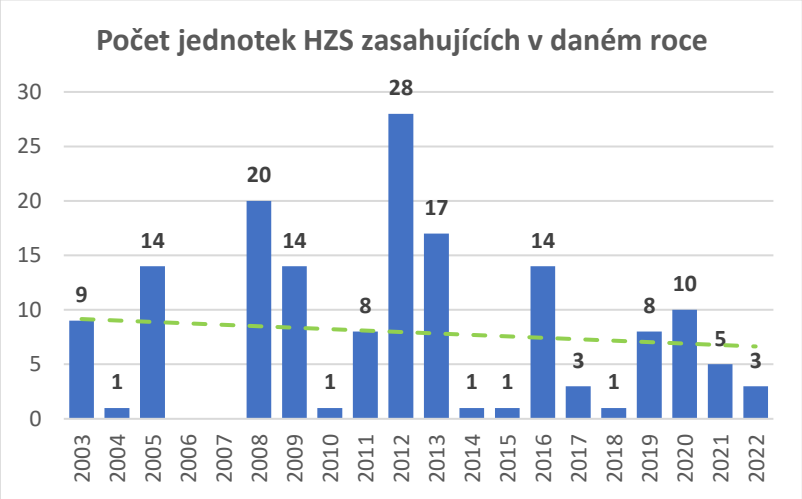


Obr. 79 Počet havárií v daném roce v ostatních sektorech vzniku

Z diagramu pojednávajícím o četnosti havárií osobních automobilů v daném roce (obr. 78) je zřejmé, že rok ve kterém došlo k nejvíce událostem je rok 2011. I přes skutečnost, že se stáří motorého parku v České republice blíží hranici 16-ti let, mají havárie spojené s automobily na LPG klesající tendenci. Počet havárií v ostatních sektorech (obr. 79) by se dal mimo rok 2008 vyhodnotit jako stabilní, i když v posledních 4 letech můžeme vznik havárií vyhodnotit

jako pravidelný, jelikož minimálně jedna havárie nastala každý rok, což v předchozích letech nebylo.

Dohromady v letech 2003 až 2022 zasahovalo celkem 158 jednotek HZS. Přesný počet zasahujících hasičů nebylo možné určit, jelikož se zásahu účastnily jak jednotky profesionálních hasičů, tak jednotky dobrovolných hasičů. Právě počet dobrovolných hasičů nebylo možné přesně určit, jelikož počet zasahujících členů bývá často odlišný v závislosti na velikosti zasahující jednotky a dobrovolnosti těchto členů.



Obr. 80 Počet zasahujících jednotek HZS v daném roce

I v tomto případě má počet zasahujících jednotek HZS u havárií spojených s LPG v jednotlivých letech klesající tendenci z důvodu nižší četnosti havárií, přičemž oproti ostatním diagramům se jedná o viditelnější pokles.

Dále je také důležité zmínit celkovou finanční škodu spojenou s haváriemi LPG v letech 2003 až 2022, která se odhaduje na 196 480 000 Kč. Na základě dostupných informací ale nebylo možné rozlišit, o jaký typ škody se jedná – jestli o ztrátu na majetku nebo o ztrátu v produkci. I přesto, tabulka č. 66 alespoň v určité míře přibližuje celkové finanční škody v daném roce.

Tab. 66 Celkové škody v daném roce

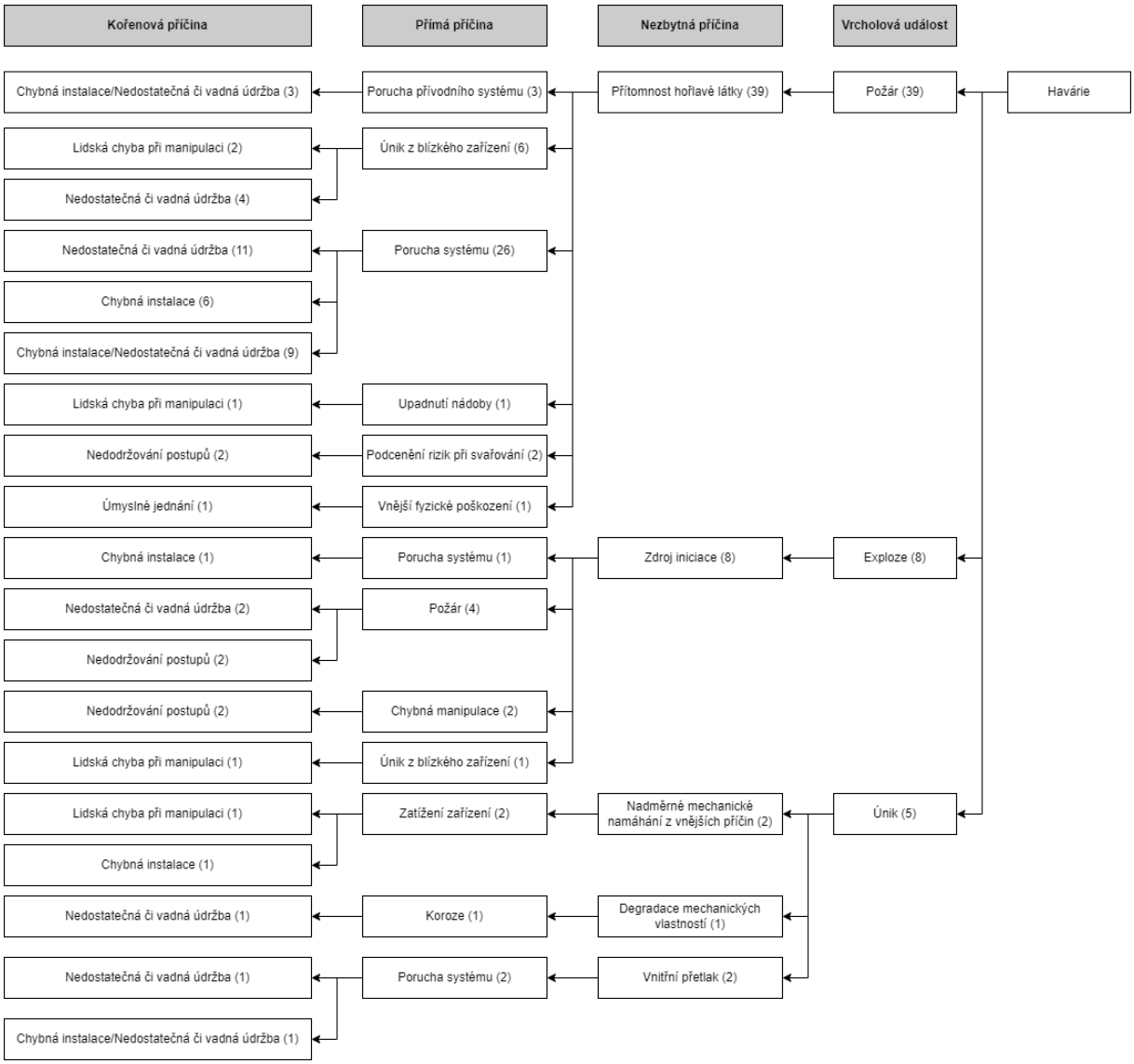
Rok	Celkové škody v daném roce
2003	15 065 000 Kč
2004	20 000 Kč
2005	13 000 000 Kč
2006	-
2007	-
2008	100 270 000 Kč
2009	185 000 Kč
2010	15 000 Kč
2011	160 000 Kč
2012	7 270 000 Kč
2013	20 075 000 Kč
2014	25 000 Kč
2015	10 000 Kč
2016	10 035 000 Kč
2017	90 000 Kč
2018	30 000 Kč
2019	100 000 Kč
2020	90 000 Kč
2021	30 020 000 Kč
2022	20 000 Kč

Na základě uvedené tabulky č. 66, lze konstatovat, že i výše finančních škod má klesající tendenci. Podobně jako u výjezdů jednotek HZS, i zde má velký vliv na výši finančních škod jednotlivých let fakt, že v posledních letech se jednalo více o havárie spojené s osobními automobily, při kterých nedocházelo k velkým finančním ztrátám, jelikož jak už bylo uvedeno, tak se převážně jednalo o starší modely osobních automobilů, předělané na pohon LPG, či pohon kombinovaný.

Do statistik je také důležité uvést, že v letech 2003 až 2022 došlo dohromady k 21 zraněním osob. Tento počet zraněných osob v poměru k počtu havárií napovídá skutečnosti, že se jednalo pouze o ojedinělé události, které naštěstí nevedly ke ztrátám na životech. Významnými roky v počtu zraněných osob jsou rok 2008, kdy došlo celkem k 11-ti zraněním a rok 2009, kdy došlo k 6-ti, a proto tyto dva roky pokrývají téměř 81 % z celkového počtu zraněných.

Součástí statistiky je vyhodnocení jednotlivých kauzálních modelů, které podrobněji charakterizují příčinu vzniku havárie. Příčiny vzniku havárie, včetně kořenových příčin, jsou vyhodnoceny na obr. 81, ze kterého je patrné, že z celkového počtu 52 havárií jich 39 bylo spojeno s požárem, 8 s explozí a 5 s únikem nebezpečné látky. U některých havárií samozřejmě došlo ke kombinaci vrcholových událostí, například kde požár zařízení vyvolal explozi

a podobně, avšak vrcholová událost byla vybrána jak podle závažnosti projevu, tak podle dostupných zdrojů.



Obr. 81 Četnost jednotlivých kořenových příčin

V případě kořenových příčin byla nejčastější příčinou nedostatečná či vadná údržba. Tato kořenová příčina se ve většině případů objevovala u havárií spojených s osobními vozidly. Po finanční stránce byla nejzávažnější kořenovou příčinou lidská chyba při manipulaci. Četnosti jednotlivý kořenových příčin jsou uveden v tabulce č. 67, ze které vyplývá, že nejčastější kořenovou příčinou byla „nedostatečná či vadná údržba“.

Tab. 67 Četnost jednotlivých kořenových příčin

Kořenová příčina	Četnost
Nedostatečná či vadná údržba	19
Chybná instalace/Nedostatečná či vadná údržba	13
Chybná instalace	8
Nedodržování postupů	6
Lidská chyba při manipulaci	5
Úmyslné jednání	1

Nakonec je také důležité zmínit výčet havárií, které jsou dle přílohy č. 3 zákona č. 224/2015 Sb. (příloha 1), klasifikovány jako závažné havárie. Evropská unie disponuje již zmíněnou databází eMars, jejímž původním účelem bylo shromažďovat výhradně závažné havárie v rámci Evropské unie. V této databázi se ale bohužel objevují i havárie, které nejsou klasifikovány jako závažné anebo naopak. Příkladem je skutečnost, že z 52 havárií v České republice je jich právě 6, které odpovídají klasifikaci závažné havárie a přesto nejsou v databázi eMars uvedeny. Jde o tyto události:

- 21. 12. 2005, Břeclav – požár kotelny a meziskladu
- 24. 6. 2008, Černá za Bory – požár haly bývalé mlékárny
- 8. 9. 2008, Starý Hrozenkov – únik LPG na čerpací stanici
- 10. 4. 2016, Dolany – požár několika objektů
- 18. 6. 2016, Most – únik propan-butanu z podzemního zásobníku čerpací stanice
- 18. 6. 2020, Český Těšín – požár dvou zásobníků LPG na čerpací stanici

9 NÁVRH BEZPEČNOSTNÍHO OPATŘENÍ

Na základě předchozí kapitoly, pojednávající o statistickém vyhodnocení havárií, ke kterým došlo na území České republiky v letech 2003 až 2022, bylo zjištěno, že z celkového počtu 52 havárií se jich 33 týká událostí s osobními vozidly. Přesněji jde o osobní vozidla, které byly téměř ve všech případech, přestavěná na „alternativní" pohon LPG, či pohon kombinovaný BA + LPG. U těchto havárií, ať už v případě požáru či úniku LPG, byla hlavní příčinou vzniku nežádoucí události technická závada, kde v některých případech, šlo o technickou závadu na palivovém systému. Dříve než však dojde k návrhu opatření je nutné stručně popsat provedení přestavby na LPG.

Samotná technologie přestavby osobního vozidla na LPG může mít několik provedení, lišících se zejména podle stáří automobilu, provedení pohonné jednotky – motoru, emisní normy Euro, a podle požadavků zákazníka.

a) **I. Generace** – neřízený podtlak s centrálním směšovačem plynné fáze

U starších vozidel s benzínovým motorem a karburátorem bez katalyzátorů a bez lambda sondy šlo o velmi jednoduchý systém, který byl téměř bez elektroniky. Směšovač díky podtlaku vytváří směs plynu a vzduchu, kterou nasává karburátor, přičemž bohatost směsi je regulována škrtícím ventilem mezi reduktorem a směšovačem. Nevýhodou je náročná obsluha, zvýšená spotřeba a menší výkon. Tento systém byl využívám u automobilů vyráběných přibližně do roku 1990.

b) **II. Generace** – řízený podtlak s centrálním směšovačem plynné fáze

Jedná se o systém určený pro automobily již s benzínovou řídící jednotkou, lambda sondou a ve většině případů i katalyzátorem, kde podmínkou instalace je, že automobil disponuje sacím potrubím z kovu. Díky plynové řídící jednotce, která ovládá krokový motorek, dochází k lepší regulaci směsi LPG, tudíž vozidla s tímto typem přestavby mají oproti I. generaci nižší spotřebu, vyšší výkon a samozřejmě lepší hodnoty výfukových plynů.

c) **III. Generace** – centrální vstřikování plynné fáze

V tomto typu přestavby došlo k výměně krokového motorku za centrální vstřikovač s rozvodem do jednotlivých válců, tudíž již není potřeba funkce směšovače. Bohužel však tento systém vykazoval řadu nedostatků a s nástupem IV. generace bylo od tohoto způsobu přestavby upuštěno a dnes se již do osobních vozidel neinstaluje.

d) IV. Generace – Sekvenční vstřikování plynné fáze

Vozy s tímto typem přestavby distonují druhou lambda sondou, která se nachází za katalyzátorem. Oproti předchozím provedením, tento typ je vybaven vstřikovači pro každý válec zvlášť. Dále je změněno zapojení LPG řídící jednotky k řídící jednotce benzínu z paralelního na sériové. Základní princip fungování je, že automobil vždy startuje na benzín a jakmile dojde k zahřátí reduktoru na zhruba 40 ˚C, systém umožní přepnutí na LPG.

e) V. Generace – Přímé vstřikování plynné fáze

Tento systém se začal používat kolem roku 2009, z důvodu většího rozšíření automobilů s přímým vstřikováním benzínu do válců. U tohoto typu motoru nelze instalovat sekvenční vstřikování, jelikož by došlo k uhoření benzínových vstřikovačů ve válcích, protože by nedocházelo k jejich chlazení. Tudíž při používání tohoto typu přestavby na LPG dochází k přivstřikování 10-30 % benzínu k LPG.

V posledních letech se na trhu začínají objevovat systémy s přímým vstřikováním kapalné fáze přímo do válce. Jde o velmi složitý proces přestavby, který však přináší řešení pro zvýšení životnosti vstřikovačů uvnitř válce, jelikož je kapalná fáze schopna tyto vstřikovače ochlazovat. Bohužel se však jedná o technologii, která má zatím nedostatky a mezery a prozatím nezajišťuje spolehlivé fungování automobilu. Nevýhodami jsou více jak dvojnásobné pořizovací náklady, striktní pravidla pro tankování a další. Pokud se podaří zmíněné nedostatky co nejdříve vyřešit, tak má tento princip přestavby velkou budoucnost, jelikož je reduktor nahrazen palivovým čerpadlem a vozidlo by mohlo startovat a ihned fungovat na LPG [107, 108, 109].

Vzhledem k neustálému vývoji automobilů , které jsou vybaveny sofistikovanými řídícími jednotkami je nezbytné, aby přestavěna vozidla byly vybaveny kvalitními řídícími jednotkami LPG, které musí komunikovat s řídící jednotkou vozidla přesně a včas. Důležitým prvkem přestaveb jsou také kvalitní a silné reduktory s dostatečnou výhřevností. Dále se nesmí zapomenout na kvalitní vstřikovače s dostatečně velkým průtokem, v případě ,že motor začne požadovat velkou dávku paliva. V neposlední řadě je také velmi důležité, aby vozidla disponovala kvalitní, prověřenou nádrží a filtry plynné a kapalné fáze (podle typu provedení přestavby).

Jak již bylo několikrát uvedeno výše, přestavba na LPG není zcela levnou záležitostí, tak zákazníci namísto po kvalitní a certifikované přestavbě, bohužel často sahají po neodborných přestavbách, které s sebou přináší řadu rizik a nevýhod a jsou v rozporu s technickými pravidly G 403 01 o použití propan-butanu k pohonu motorových vozidel. Při takovýchto přestavbách

na LPG dochází k provádění přestaveb nezkušenou, popřípadě nezaškolenou osobou bez dohledu odborného pracovníka, k nesprávnému zapojení systému nebo k instalaci levných komponentů, či dokonce komponentů opakovaně použitých anebo opotřebených. To má za následek časté výpadky systému automobilu, nefunkčnost a v nejhorším případě k nadměrnému opotřebení motoru a palivového systému, o kterém zákazník nemá ani ponětí. Takovéto nedbalé přestavby na LPG představují riziko nejen pro majitele vozidel, ale také pro ostatní účastníky silničního provozu. Smutným faktem jsou také opomíjené revize tlakových nádob, či absence pravidelných kontrol nebo výměn některých komponent, které časem odcházejí.

Podobné rizika je potřeba vzít v potaz i u pořizování ojetého automobilu přestavěného na LPG. V případě, že se rozhodneme pro pořízení takového vozidla, je důležité si dá pozor na historii vozidla, jeho pravidelnou údržbu, certifikaci LPG systému a samozřejmě samotný technický stav vozidla. V poslední řadě by zákazníka mělo zajímat, jak často a kde docházelo k pravidelným kontrolám a údržbě jak automobilu, tak LPG systému a požadovat předložení těchto dokumentů od majitele.

Abychom snížili četnost těchto havárií osobních vozidel na LPG, měli bychom zavést přísnější opatření a kroky, které jsou uvedeny níže:

1. Certifikace

Zavedení přísnějších požadavků na certifikaci a vydávání oprávnění pro servisy provádějícími přestavby na LPG, včetně zavedení pravidelných školení těchto techniků servisů, tak jako tomu je například u pravidelných zkoušek a vydávání oprávnění pro svářeče. Zavést pravidelné kontroly servisů, kdy v případě zjištění nedodržování předpisů by došlo ke ztrátě licence, nemožnosti ji po určitou dobu obnovit a samozřejmě možnost uplatnění finančních sankcí.

2. Instalace výhradně nových komponent

Zavedení instalace pouze nových komponentů při přestavbě na LPG, by mělo zajistit jejich výrazně delší životnost, spolehlivost a bezpečnost. Samotný zákaz instalace použitých komponent, by měl v určité míře eliminovat riziko spojené s instalací nekvalitních a opotřebovaných komponentů, které jak již bylo uvedeno, mají za následek výpadky systému automobilu, nefunkčnost, nadměrnému opotřebení motoru a případný vznik havárie. Dodržování těchto pravidel by bylo na servisech provádějících přestavby na LPG a kontrola by byla na Stanicích technické kontroly, které by tuto kontrolu nových komponentů prováděly při evidenční kontrole vozidla, která je nezbytná po přestavbě na LPG. Pro zajištění dodržování tohoto opatření by opět došlo k zavedení finančních postihů za nedodržování těchto pravidel.

V případě zjištění instalace, která by nebyla v souladu s těmito předpisy, by byl servis provádějící přestavbu pokutován a vozidlo by nemohlo být homologováno pro provoz na LPG a bylo by vyřazeno z provozu do odstranění zjištěných nedostatků.

3. Zvýšená kontrola při technických prohlídkách

Zavedení důkladnější kontroly LPG systémů při pravidelných technických prohlídkách vozidel. Toto opatření by znamenalo zakoupení potřebného technického vybavení a proškolení pracovníků provádějících technické prohlídky.

4. Informovanost

Spousta zákazníků přecházejících na LPG, či dokonce už majících vozidla přestavěná na LPG neznají všechna rizika či úskalí těchto systému. Zavedení veřejných portálů, databází, pojednávajících o haváriích spojených s osobními vozidly přestavěnými na LPG, by uživatelům a zákazníkům zvýšilo jejich informovanost o povinnostech a rizicích spojených s používáním LPG. Někteří zákazníci mají bohužel pouze základní anebo dokonce žádné znalosti a proto v mnoha případech ani nevědí jakému riziku jsou vystaveni a jak se v dané situace zachovat.

Nedodržování základních povinností a pravidel při manipulaci s LPG nebo jejich komponenty (technická pravidla G 905 02) jsou bohužel příčinnou i u ostatních havárií uvedených v této závěrečné práci. Například událost 23. 6. 2008, kdy se muž pokoušel rozebrat tlakovou nádobu o objemu 60 l ve sklepě rodinného domu, kde byl navíc ve vedlejší místnosti otevřený plamen. Mladík tímto porušil hned několik bezpečnostních pravidel spojených s manipulací s LPG. Operoval s tlakovou nádobou pod úrovní terénu, prováděl neodbornou manipulaci a navíc se v jeho blízkosti nacházel otevřený plamen. Dalším příkladem je havárie ze dne 7. 10. 2008, kdy došlo k velkému úniku nebezpečné látky při plnění zásobníku z cisterny. Řidič pravděpodobně zapomněl stojící vozidlo zajistit proti pohybu, což následně vedlo k poodjetí cisterny od zásobníku a tím pádem i k vytržení přívodního potrubí. Kdyby byla tato cisterna vybavena bezpečnostní trhací spojkou, která je mimo jiné vyžadována předpisy, tak by k žádnému úniku nedošlo.

Na základě uvedených příčin vzniku havárií, můžeme konstatovat, že kdyby byly dodržovány všechny bezpečnostní předpisy a pokyny a jednotlivé systémy měly všechny nezbytné komponenty, které mají být nainstalovány a používány na základě jednotlivých nařízení, tak by k řadě událostem nemuselo dojít. Pozitivním faktem je skutečnost, že oproti mnoha jiným státům, má Česká republika výrazně nižší čísla v počtu havárií, úmrtnosti či zraněných v souvislosti s LPG. To však nemění nic na tom, že by Česká republika měla disponovat adekvátní databází havárií, která by byla veřejně přístupná, jak pro společnosti, tak

pro fyzické osoby a veřejnost. Jednotlivé společnosti by tak mohly využívat této databáze k efektivnímu učení se z předchozích událostí a občané by zjistili, že levnější přestavba vozidla na LPG není tou správnou cestou, jelikož může vyvrcholit ve velmi nebezpečnou událost. Bohužel však Česká republika disponuje pouze databází Mapis, která poskytuje základní, v některých případech až nedostačující, informace pouze o 559 událostech ve všech odvětvích a segmentech průmyslu, přičemž nebyla již řadu let aktualizována. Česká republika by se v tomto směru mohla inspirovat francouzskou databází ARIA, která vyhodnocuje téměř všechny události ve Francii. Tato databáze poskytuje ve většině případů velmi podrobné informace o haváriích, jejich následcích a opatřeních, které společnosti zavedly, aby nedošlo k podobným událostem. Navíc jsou tyto havárie vyhodnoceny metodou ESIA.

10 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Na základě provedené rešerše bylo na území České republiky v letech 2003 až 2022 dohledáno celkem 52 havárií spojených s LPG, jejíchž celková finanční škoda byla ve výši 196 480 00 Kč. Na základě dostupných informací ze všech dostupných zdrojů, nebylo bohužel možné u některých havárií blíže specifikovat přesně o jaké ztráty se jedná – jestli o ztráty na majetku, či ztráty na produkci. Nicméně pozitivním faktem je, že zavádění přísnějších nařízení a zákonů, vedlo ke snížení četnosti těchto havárií a tudíž i ke snížení finančních ztrát s nimi spojenými.

V rámci zavedení navrhovaných opatření v oblasti používání a přestaveb pohonů na LPG u osobních automobilů na přísnější požadavky pro provoz servisů, kontroly vozidel na STK a instalaci výhradně nových komponentů, by se dalo hovořit o tom, že zavedení zmíněných kroků, by výrazně snížilo četnost těchto událostí. Celkově se jedná zhruba o částku 1 160 000 Kč na škodách na majetku. Přestože do uvedené částky nejsou zahrnuty poplatky za výjezd složek integrovaného záchranného systému, jde ve srovnání s průmyslovým sektorem o relativně malou částku.

Významného snížení četnosti havárií by bylo možné docílit zavedením kvalitní databáze havárií, kterou Česká republika nedisponuje. Tato databáze by poskytovala důležité informace o všech vzniklých haváriích – popis události, příčiny, následky a zavedená nápravná opatření, a to jak široké veřejnosti, tak i společnostem. Pro zavedení takovéto databáze by bylo potřeba zhruba 10 000 000 Kč, což je přibližně 5 % z celkových finančních škod vzniklých za období 2003 až 2022.

V tabulce č. 68 jsou uvedeny finanční ztráty v jednotlivých sektorech. Na základě zadání diplomové práce bylo navrhnuto nápravné opatření pro sektor s největším počtem havárií, tj. havárie s osobními automobily, avšak sektorem, který má největší finanční ztráty je průmysl, kde finanční ztráty činí zhruba 180 115 000 Kč.

Tab. 68 Finanční ztráty v daném sektoru

Sektor	Finanční ztráty
Průmyslové zařízení	180 115 000 Kč
Ostatní	15 050 000 Kč
Osobní vozidla	1 160 000 Kč
Čerpací stanice	155 000 Kč

11 ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla věnována problematice analýze havárií s LPG v České republice. Cílem této diplomové práce bylo mimo jiné provést rešerši problematiky bezpečnosti provozu skladů LPG, systémový rozbor, rešerši a statistickou analýzu havárií s LPG, návrh opatření ke zlepšení a ekonomické zhodnocení navržených opatření.

Rešerši problematiky bezpečnosti provozu skladů byla věnována teoretická část, ve které byly rozebrány bezpečnostní a ochranná pásma a způsoby skladování. Dále byl v teoretické části věnován prostor charakteristice havárií, jejich prevenci a projevům. Součástí teoretické části byla také charakteristika LPG, jeho možností využití a pohled na jeho využívání v dnešní době. Poslední část teoretické části byla věnována bezpečnosti a identifikaci látek, a to jak při skladování, tak při přepravě – nařízení ADR, bezpečnostní listy a další.

Na teoretickou část plynule navazuje systémový rozbor, který blíže definuje postup, jakým byla realizována teoretická část a jakým způsobem bude realizována část praktická.

Velká část práce byla věnována rešerši a následné statistice havárií, kde každá havárie byla stručně popsána, vyhodnocena pomocí metody ESIA a kauzálního modelu, díky kterému bylo možné blíže specifikovat příčinu vzniku havárie a stanovit kořenovou příčinu. Součástí této rešerše bylo také uvedení několika závažných havárií, které se staly mimo Českou republiku. Následně byla provedena statistika havárií, na základě které bylo možné konstatovat, že havárie s LPG na území České republiky mají klesající tendenci. Vzhledem ke skutečnosti, že existující databáze havárií, zpravodajské portály, či odborné publikace neposkytují dostatek informací, nebylo bohužel možné provést důkladnější, a tudíž i přesnější statistické vyhodnocení.

Na základě statistického vyhodnocení bylo zjištěno, že nejčetnějším sektorem jsou havárie spojené s osobními vozidly. Právě pro tento sektor byly navrhnuty nápravná opatření, jejichž cílem bylo snížení četnosti těchto událostí, či minimalizace rizik s nimi spojenými. Příčinou těchto havárií je, že přestavba na LPG není zcela levnou záležitostí a tudíž řada zájemců namísto kvalitní a certifikované přestavby volí neodborné přestavby, které s sebou přináší řadu rizik a nevýhod, přičemž jsou v rozporu s technickými pravidly G 403 01. Tyto neodborné přestavby mají za následek časté výpadky systému, rychlejší degradaci motoru a jednotlivých komponentů a v nejhorším případě, právě zmíněný vznik havárie v podobě požáru, exploze či úniku LPG. Právě z tohoto důvodu byly navrhnuty následná opatření:

- Přísnější požadavky na certifikaci
- Instalace výhradně nových komponentů

- Zvýšená kontrola při technických prohlídkách
- Informovanost

Součástí navrhovaných nápravných opatření bylo také zavedení komplexní a kvalitní databáze havárií, kterou Česká republika nedisponuje. V současné době existuje pouze databáze Mapis, která čítá dohromady zhruba jenom 559 havárií, o kterých ve většině případů poskytuje nedostačující nebo neúplné informace. Právě zavedení kvalitní a podrobnější databáze, která by poskytovala potřebné informace jak široké veřejnosti, tak společnostem, které by uvedené havárie mohly využívat k efektivnímu učení, zavádění nových bezpečnostních opatření a ke školení personálu, by znamenalo minimalizování rizik vzniku podobných událostí, či ztrátám na životech lidí a zvířat, vlivu na životní prostředí a vzniku velkých finančních škod jak na majetku, tak na produkci.

Na základě provedené statistiky havárií a návrhu nápravných opatření lze závěrem konstatovat, že základním principem pro snížení četnosti havárií a minimalizaci rizik je především dodržování bezpečnostních předpisů a pravidel, striktní dodržování instalace předepsaných bezpečnostních komponentů, jejich pravidelná kontrola a výměna kritických komponentů ve stanovených intervalech. Bohužel však často dochází k opomíjení těchto základních pravidel, což ve většině případů vede ke vzniku mimořádné události, neboli havárie.

12 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] BERNATÍK, Aleš. *Plynná a kapalná paliva a jejich nebezpečné vlastnosti z pohledu prevence závažných havárií*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2014. ISBN 978-80-7385-150-7.

[2] SKŘEHOT, Petr. *Prevence nehod a havárií: 2. díl: Mimořádné události a prevence nežádoucích následků*. Nové Město: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. ISBN 978-80-86973-73-9.

[3] GAS. *Bezpečnost zařízení na zkapalněné uhlovodíkové plyn (LPG)*. Praha: GAS, 1998. ISBN 80-86176-04-5.

[4] Zákon č. 224/2015 Sb. Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsi. In: *Zákony pro lidi* [online]. 2015 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-224/zneni-20220201

[5] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomnostní nebezpečných látek. In: *EU law* [online]. 2012 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32012L0018

[6] Fire and explosion hazards: What to expect if there is a leak. In: *Gexcon* [online]. 2021 [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: https://www.gexcon.com/blog/fire-and-explosion-hazards-what-to-expect-if-there-is-a-leak/

[7] Liquefied petroleum gas. In: *Britannica* [online]. 2023 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.britannica.com/science/liquefied-petroleum-gas

[8] Co je to LPG. In: *Česká asociace LPG* [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://calpg.cz/lpg/

[9] Brožura Diacia Duster. In: *Dacia* [online]. 2023 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://cdn.group.renault.com/dac/cz/pdf/brochures/new-duster-brochure.pdf

[10] Fuel types of new passenger cars in the EU. In: *Acea: Driving mobility for Europe* [online]. 2022 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.acea.auto/figure/fuel-types-of-new-passenger-cars-in-eu/

[11] 5 kg ocelová láhev ČP. In: *Primagas* [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.primagas.cz/5kg

[12] *ČSN 65 6481. Zkapalněné uhlovodíkové plyny - Topné plyny - Propan, butan a jejich směsi - Technické požadavky a metody zkoušení*. Český normalizační institut, 2003.

[13] Czechia: LPG consumption. In: *The Global Economy* [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.theglobaleconomy.com/Czech-Republic/lpg_consumption/

[14] Zákon č. 262/2006 Sb. Zákoník práce. In: *Zákony pro lidi* [online]. 2006 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262

[15] Nařízení komise (EU) 2020/878 - Část B. In: *EU law* [online]. 2020 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0878&from=EN

[16] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek. In: *EU law* [online]. 2006 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907&from=CS

[17] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí. In: *EU law* [online]. 2008 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32008R1272

[18] CLP - Označování a balení. In: *ECHA: European chemicals agency* [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://echa.europa.eu/cs/regulations/clp/labelling

[19] Bezpečnostní list PROPAN BUTAN. In: *Primagas* [online]. 2023 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://cdn.primagas.cz/-/media/sites/czech-republic/bezpecnost/bezpenost/bl-propanbutan-topnpohon-202303.pdf

[20] Zákon č. 350/2011 Sb. Zákon o chemických látkách a chemických směsích. In: *Zákony pro lidi* [online]. 2011 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-350

[21] Zákon č. 258/2000 Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví. In: *Zákony pro lidi* [online]. 2000 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258

[22] Dohoda ADR - Část 5, postupy při odesílání. In: *Ministerstvo dopravy* [online]. 2021 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-(1)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr/Dohoda-ADR-2021/10_ADR-2021_Cast_5.pdf.aspx

[23] Autocisterny na LPG. In: VPS [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.vpsr.cz/autocisterny-pro-prepravu-lpg

[24] Zkapalněný plyn na kolejích. In: Rail Cargo Group [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.railcargo.com/cs/news/zkapalneny-plyn-na-kolejich

[25] Top 10 biggest LPG carriers. In: Marine in sight [online]. 2022 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.marineinsight.com/types-of-ships/10-biggest-lpg-carriers/

[26] Unipetrol zařadil do flotily 81 nových železničních cisteren na LPG. In: Z dopravy [online]. 2021 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://zdopravy.cz/unipetrol-zaradil-do-flotily-81-novych-zeleznicnich-cisteren-89053/

[27] Přeprava nebezpečných věcí drážní dopravou, Obecné informace. In: Ministerstvo dopravy [online]. 2021 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://mdcr.cz/Dokumenty/Drazni-doprava/Preprava-nebezpecnych-veci-drazni-dopravou/Obecne-informace-(2)?returl=/Dokumenty/Drazni-doprava/Preprava-nebezpecnych-veci-drazni-dopravou

[28] Dohoda ADR o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí. In: Ministerstvo dopravy [online]. 2021 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z:

https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-(1)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr/Dohoda-ADR-2021

[29] Přeprava nebezpečných látek - ADR. In: GUARD7: Safety solutions [online]. 2022 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.guard7.cz/preprava-nebezpecnych-latek-adr/

[30] Dopravní informační systém DOK [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://dok.mdcr.cz/dokpub/dok.asp

[31] Klasifikace nebezpečných látek. In: Profi: Doprava Logistika [online]. 2021 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.dlprofi.cz/33/klasifikace-nebezpecnych-veci-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Ei6uuHfcNrOcr2bDMCcaqyg/?uri_view_type=44&uid=1hB22d1JK_4ikAww7ox4dSA&e=1giFxhBTy08KHsU2QS1bmhi4YEO2rB1jR

[32] Silniční přeprava nebezpečných věcí - ADR. In: Katedra chemie: Přírodovědecká fakulta univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem [online]. 2020 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/7%20-%20ADR.pdf

[33] Kemler a UN - označování nebezpečných látek při přepravě. In: Požáry: Ohnisko žhavých zpráv [online]. 2012 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/

[34] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/68/EU o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se dodávání tlakových zařízení na trh. In: EU law [online]. 2014 [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068&from=FR

[35] TPG 200: Skladování, prodej a doprava tlakových nádob se zkapalněnými uhlovodíkovými plyny (LPG). Česká asociace LPG [online]. 2019 [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: https://calpg.cz/wp-content/uploads/2019/11/TPG_200-00_201910-zam%C4%8Den%C3%A1-fin%C3%A1ln%C3%AD-verze.pdf

[36] TPG 905 02. Základní požadavky na bezpečnost provozu plynových zařízení na LPG. 1999. Organizace pro výkon společenských činností.

[37] Zákon č. 458/2000 Sb.: Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní zprávy v energetických odvětvích. In: Zákony pro lidi [online]. 2011 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458

[38] ČSN EN 14894. Zařízení a příslušenství na LPG - Značení lahví a tlakových sudů. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022.

[39] Láhve s platnou revizí. In: Primagas [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://cdn.primagas.cz/-/media/sites/czech-republic/formulare-data/revize-lhv.pdf

[40] Auto s LPG v plamenech. In: *Požáry cz* [online]. 2003 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/833-auto-s-lpg-v-plamenech/

[41] Požár auta s LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2003 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/1602-pozar-auta-s-lpg/

[42] Exploze zničila továrnu. In: *Požáry cz* [online]. 2003 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/1803-exploze-znicila-tovarnu/

[43] Statistická ročenka 2003. In: *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. 2003 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/soubor/rocenka-2003-pdf.aspx

[44] Škodovka na LPG hořela. In: *Požáry cz* [online]. 2004 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/1999-skodovka-na-lpg-horela/

[45] Požár zničil střechu kotelny Gumotexu Břeclav. In: *Požáry cz* [online]. 2005 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/4329-pozar-znicil-strechu-kotelny-gumotexu-breclav/

[46] Statistická ročenka 2005. In: *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. 2005 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/soubor/rocenka05-pdf.aspx

[47] Výbuch škodovky na LPG a požár bytu. In: *Požáry cz* [online]. 2008 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/9207-vybuch-skodovky-na-lpg-a-pozar-bytu/

[48] Výbuch propanbutanu při aplikaci polyuretanové pěny. In: *Mapis VÚBP: Integrovaný informační a znalostní systém prevence závažných havárií* [online]. 2008 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://mapis.vubp.cz/DMU/MUdalostDetail.aspx?guid=2e9e6ffd-e338-4c01-a73e-8ffe24d19f54&typ=&stamp=1682012814879

[49] Exploze nádrže na LPG, popáleny dvě osoby. In: *Požáry cz* [online]. 2008 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/12312-exploze-nadrze-na-lpg-popaleny-dve-osoby/

[50] Hořelo v mlékárně. In: *Požáry cz* [online]. 2008 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/12319-horelo-v-mlekarne/

[51] Statistická ročenka 2008. In: *Hasičský záchranný sbor České Republiky* [online]. 2008 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/soubor/rocenka-2008-pdf.aspx

[52] Požár napáchal stomilionovou škodu. In: *Hradecký deník* [online]. 2008 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://hradecky.denik.cz/zpravy_region/pozar_cerna_za_bory20080625.html

[53] Pomoc hasičů po havárii kamionu do stanice LPG ve Starém Hrozenkově. In: *Požáry cz* [online]. 2008 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/13520-pomoc-hasicu-po-havarii-kamionu-do-stanice-lpg-ve-starem-hrozenkove/

[54] Únik plynu v soukromé firmě v Olomouci. In: *Požáry cz* [online]. 2008 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/13969-unik-plynu-v-soukrome-firme-v-olomouci/

[55] V Řepčíně evakuovali kvůli úniku plynu 170 lidí. In: *Olomoucký deník* [online]. 2008 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://olomoucky.denik.cz/zpravy_region/unik-plynu-znamenal-evakuaci--osob20081007.html

[56] Požár osobního vozidla s pohonem na LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2008 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/14222-pozar-osobniho-vozidla-s-pohonem-na-lpg/

[57] Výbuch při manipulaci s tlakovými nádobami na přepravu propan-butanu. In: *Mapis VÚBP: Integrovaný informační a znalostní systém prevence závažných havárií* [online]. 2009 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://mapis.vubp.cz/DMU/MUdalostDetail.aspx?guid=eed59fb4-ffa7-4f59-bdd8-e1619cd804d0&typ=&stamp=1682013109988

[58] Výbuch plynu vážně zranil dělníka. In: *Požáry cz* [online]. 2009 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/15910-vybuch-plynu-vazne-zranil-delnika/

[59] Shořela garáž i s automobilem na LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2009 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/16441-shorela-garaz-i-s-automobilem-na-lpg/

[60] Rozsáhlý požár osobního auta na LPG u Tlumačova. In: *Požáry cz* [online]. 2009 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/18209-rozsahly-pozar-osobniho-auta-na-lpg-u-tlumacova/

[61] Požár osobního vozidla s nádrží na LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2009 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/18801-pozar-osobniho-vozidla-s-nadrzi-na-lpg/

[62] Požár vozidla na LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2009 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/20608-pozar-vozidla-na-lpg/

[63] Popáleniny způsobené výbuchem plynu. In: *Mapis VÚBP: Integrovaný informační a znalostní systém prevence závažných havárií* [online]. 2009 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://mapis.vubp.cz/DMU/MUdalostDetail.aspx?guid=c2d25c93-7aac-437f-b4f5-81cede9b9ef7&typ=&stamp=1682012657872

[64] Požár osobního vozidla s pohonem na LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2010 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/34692-pozar-osobniho-vozidla-s-pohonem-na-lpg/

[65] Požár vozu na LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2011 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/37711-letovice-jhm-pozar-vozu-na-lpg/

[66] V Trnovanech hořelo auto na LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2011 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/37889-v-trnovanech-horelo-auto-na-lpg/

[67] Vozidlo na LPG se výbuchem doslova nafouklo. In: *Požáry cz* [online]. 2011 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/38004-foto-vozidlo-na-lpg-se-vybuchem-doslova-nafouklo/

[68] Požár automobilu na LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2011 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/39700-pozar-automobilu-na-lpg/

[69] Požár vozidla na LPG v Praze. In: *Požáry cz* [online]. 2011 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/41689-aktualne-pozar-vozidla-na-lpg-v-praze/

[70] Na dálnici hoří auto na LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2011 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/42577-na-dalnici-hori-auto-na-lpg/

[71] Hořelo vozidlo na LPG, hasiči uzavřeli ventil. In: *Požáry cz* [online]. 2011 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/47406-horelo-vozidlo-na-lpg-hasici-uzavreli-ventil/

[72] Požár zasáhl plnírnu plynu v obci Branice na Písecku, plameny napáchaly škodu za dva miliony. In: *Požáry cz* [online]. 2012 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/51540-pozar-zasahl-plnirnu-plynu-v-obci-branice-na-pisecku-plameny-napachaly-skodu-za-dva-miliony/

[73] Majitel si svojí nedbalostí zapálil vozidlo na LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2012 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/54868-majitel-si-svoji-nedbalosti-zapalil-vozidlo-na-lpg/

[74] Závada na elektroinstalaci zapříčinila požár vozidla. In: *Požáry cz* [online]. 2012 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/55174-zavada-na-elektroinstalaci-zapricinila-pozar-vozidla/

[75] Na D1 u Lipníku nad Bečvou hořela škodovka na LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2012 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/56165-na-d1-u-lipniku-nad-becvou-horela-skodovka-na-lpg/

[76] Statistická ročenka 2012. In: *Hasičský záchranný sbor České Republiky* [online]. 2012 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/soubor/informacni-servis-statistiky-rocenka-2012-pdf.aspx

[77] Při nočním požáru hotelu v obci Kubova Huť byl vyhlášen třetí stupeň poplachu, zasahovala více jak padesátka hasičů. In: *Požáry cz* [online]. 2012 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/59968-pri-nocnim-pozaru-hotelu-v-obci-kubova-hut-byl-vyhlasen-treti-stupen-poplachu-zasahovala-vice-jak-padesatka-hasicu/

[78] V noci vzplál Hotel Kuba v Kubově Huti. In: *Prachatický deník* [online]. 2012 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://prachaticky.denik.cz/pozary/v-noci-vzplal-hotel-kuba-v-kubove-huti-20121103.html

[79] V Praze hořelo osobní vozidlo na LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2013 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/64698-v-praze-horelo-osobni-vozidlo-na-lpg/

[80] Statistická ročenka 2013. In: *Hasičský záchranný sbor České Republiky* [online]. 2013 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/soubor/rocenka-2013-pdf.aspx

[81] V obci Malíkovice hoří seník, na místě stále zasahuje několik jednotek hasičů, škoda je vyčíslena na 20 milionů. In: *Požáry cz* [online]. 2013 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/67216-v-obci-malikovice-hori-senik-na-miste-stale-zasahuje-nekolik-jednotek-hasicu-skoda-je-vycislena-na-20-milionu/

[82] Škodovka na LPG začala v obci Proseč hořet, hasiči museli ochlazovat nádrž. In: *Požáry cz* [online]. 2013 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/69422-skodovka-na-lpg-zacala-v-obci-prosec-horet-hasici-museli-ochlazovat-nadrz/

[83] Hasiči SŽDC Česká Třebová zasahovali u požáru osobního vozidla na LPG, vznikla škoda 25 tisíc. In: *Požáry cz* [online]. 2013 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/74806-hasici-szdc-ceska-trebova-zasahovali-u-pozaru-osobniho-vozidla-na-lpg-vznikla-skoda-25-tisic/

[84] Po zastavení vozidla se zpod kapoty začal valit kouř, do Jankovic-Kozašic museli zamířit hasiči. In: *Požáry cz* [online]. 2014 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z:

https://www.pozary.cz/clanek/79919-po-zastaveni-vozidla-se-zpod-kapoty-zacal-valit-kour-do-jankovic-kozasic-museli-zamirit-hasici/

[85] Požár osobního auta na LPG v Plzni. In: *Požáry cz* [online]. 2015 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/125651-v-plzni-na-domazlicke-se-pozar-osobniho-auta-na-lpg-podarilo/

[86] Při čerpání LPG v Mostě zůstal otevřený přetlakový ventil, únik kontrolovali hasiči. In: *Požáry cz* [online]. 2016 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/138648-pri-cerpani-lpg-v-moste-zustal-otevreny-pretlakovy-ventil-unik-kontrolovali-hasici/

[87] Požár osobního auta na parkovišti P+R v Praze způsobila technická závada. In: *Požáry cz* [online]. 2017 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/163533-pozar-osobniho-auta-na-parkovisti-p-r-v-praze-zpusobila-technicka-zavada/

[88] V Praze shořel osobní automobil na LPG, příčinou byla technická závada. In: *Požáry cz* [online]. 2017 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/163605-v-praze-shorel-osobni-automobil-na-lpg-pricinou-byla-technicka-zavada/

[89] Pražští hasiči likvidovali požár automobilu na LPG, příčinou vzniku byla technická závada. In: *Požáry cz* [online]. 2017 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/170860-prazsti-hasici-likvidovali-pozar-automobilu-na-lpg-pricinou-vzniku-byla-technicka-zavada/

[90] Požár osobního vozidla na LPG v Brně-Bystrci. In: *Požáry cz* [online]. 2018 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/197298-v-brne-bystrci-hasici-likvidovali-pozar-osobniho-vozidla-na-lpg/

[91] Požár osobního automobilu na LPG ve Voticích. In: *Požáry cz* [online]. 2019 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/212279-pozar-osobniho-automobilu-na-lpg-likvidovaly-jednotky-hzs/

[92] Únik LPG ve Vyškově. In: *Požáry cz* [online]. 2019 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/215342-k-uniku-lpg-ze-zasobniku-vyjeli-hasici-ze-tri-jednotek-do/

[93] Únik LPG v Újezdě u Brna. In: *Požáry cz* [online]. 2019 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/219828-v-ujezdu-u-brna-doslo-k-uniku-plynu-z-osobniho-vozidla-na-lpg/

[94] Hořící osobní vůz na LPG u Klepáčova na Šumpersku. In: *Požáry cz* [online]. 2019 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/221828-horici-osobni-vuz-na-lpg-hasily-dve-jednotky-u-klepacova-na/

[95] V Českém Těšíně hasiči dlouhé hodiny chladili hořící zásobníky na plyn, příčinou vzniku je pravděpodobně úmysl. In: *Požáry cz* [online]. 2020 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/230729-v-ceskem-tesine-hasici-dlouhe-hodiny-chladili-horici-zasobniky-na-plyn-pricinou-vzniku-je-pravdepodobne-umysl/

[96] Požár osobního automobilu s pohonem na LPG. In: *Požáry cz* [online]. 2021 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/238916-u-pozaru-osobniho-automobilu-s-pohonem-na-lpg-v-blizkosti-vjezdu/

[97] Únik LPG na čerpací stanici u obce Holubice. In: *Požáry cz* [online]. 2021 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/241503-u-obce-holubice-zasahovali-hasici-ze-slavkova-u-brna-u-uniku-lpg/

[98] Požár propanbutanové láhve v pergole zaměstnal hasiče. In: *Požáry cz* [online]. 2022 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.pozary.cz/clanek/258502-pozar-propanbutanove-lahve-v-pergole-zamestnal-hasice-do-lichnova-vyjely-tri-jednotky/

[99] Feyzin disaster. In: *ARIA: Feedback on technological accidents* [online]. 2008 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/1_en/?lang=en

[100] Explosion in a refinery. In: *ARIA: Feedback on technological accidents* [online]. 2008 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/3969_en/?lang=en

[101] Fire and lorry tankers explosions. In: *ARIA: Feedback on technological accidents* [online]. 2012 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/33085_en/?lang=en

[102] Explosion of LPG wagons. In: *ARIA: Feedback on technological accidents* [online]. 2011 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/36464_en/?lang=en

[103] San Juan Ixhuatepec disaster. In: *ARIA: Feedback on technological accidents* [online]. [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/7128_en/?lang=en

[104] Explosion due to overfilling in an underground storage in a salt cavity. In: *ARIA: Feedback on technological accidents* [online]. [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/5244_en/?lang=en

[105] Explosions in a petrol station. In: *ARIA: Feedback on technological accidents* [online]. [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/24999_en/?lang=en

[106] Bleve of LPG spheres in a refinery following an earthquake. In: *ARIA: Feedback on technological accidents* [online]. [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/40256_en/?lang=en

[107] Generace plynových systémů. In: *HAVEL plyn a.s.* [online]. [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: http://autanaplyn.com/lpg/generace-plynovych-systemu/

[108] Seriál o LPG, díl II: Typy přestaveb na plyn. In: *Garáž* [online]. 9.9.2020 [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: https://www.garaz.cz/clanek/serial-o-lpg-dil-ii-typy-prestaveb-na-plyn-21004698

[109] Typy systémů LPG podle emisních systémů automobilů: Popis zásadních systémů pro přestavby motorů na LPG. In: *LPG profi: Přestavba na LPG* [online]. [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: https://www.prestavbanalpg.cz/prestavba-lpg/typy-systemu-lpg/

13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ADR	Dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po silnici
ARIA	Francouzská databáze – analýza, výzkum a informace o haváriích
BL	Bezpečnostní list
CLP	Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí
ČR	Česká republika
eMARS	Databáze havárií Evropské unie
ESIA	Evropská škála pro hodnocení průmyslových havárií
EU	Evropská unie
HZS	Hasičský záchranný sbor
ISAAC	Rozvoj nového přístupu ke zjišťování příčin průmyslových havárií s účastí nebezpečných látek
LPG	Zkapalněný ropný plyn
Mapis	Integrovaný informační a znalostní systém prevence závažných událostí v ČR
OSN	Organizace spojených národů
REACH	Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek
RID	Dohoda o mezinárodní železniční přepravě nebezpečných věcí
SEVESO	Směrnice 2012/18/EU o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek

14 SEZNAM OBRÁZKŮ

	Popis	Strana
Obr. 1	Heinrichova pyramida	16
Obr. 2	Ukázka hodnocení havárie pomocí ESIA18	18
Obr. 3	Schéma fyzikálních projevů úniku a možných rozvojů havárií	19
Obr. 4	Hlavní typy požárů	20
Obr. 5	Pohony prodaných automobilů v roce 2019	23
Obr. 6	Pohony prodaných automobilů v roce 2021	23
Obr. 7	Ocelová láhev s propanem	24
Obr. 8	Spotřeba LPG v ČR	26
Obr. 9	Výstražné symboly LPG	29
Obr. 10	Cisternové vagony na LPG	31
Obr. 11	Výstražná tabulka LPG	33
Obr. 12	Bezpečnostní značky LPG	34
Obr. 13	Příklad značení podle ADR	34
Obr. 14	Značení na límci lahve	38
Obr. 15	Ishikawův diagram problematiky analýzy havárií s LPG	41
Obr. 16	Předpokládaný postup v diplomové práci	42
Obr. 17	ESIA události 5. 3. 2003	44
Obr. 18	ESIA události 5. 10. 2003	44
Obr. 19	ESIA události 25. 11. 2003	45
Obr. 20	ESIA události 5. 2. 2004	45
Obr. 21	ESIA události 21. 12. 2005	46
Obr. 22	ESIA události 20. 1. 2008	46
Obr. 23	ESIA události 19. 6. 2008	47
Obr. 24	ESIA události 23. 6. 2008	47
Obr. 25	ESIA události 24. 6. 2008	48
Obr. 26	ESIA události 8. 9. 2008	48
Obr. 27	ESIA události 7. 10. 2008	49
Obr. 28	ESIA události 23. 10. 2008	49
Obr. 29	ESIA události 5. 2. 2009	50
Obr. 30	ESIA události 11. 3. 2009	50
Obr. 31	ESIA události 12. 6. 2009	51
Obr. 32	ESIA události 13. 7. 2009	51
Obr. 33	ESIA události 30. 10. 2009	52
Obr. 34	ESIA události 2. 11. 2009	52
Obr. 35	ESIA události 11. 10. 2010	53
Obr. 36	ESIA události 8. 1. 2011	53
Obr. 37	ESIA události 12. 1. 2011	54
Obr. 38	ESIA události 15. 1. 2011	54
Obr. 39	ESIA události 28. 2. 2011	55
Obr. 40	ESIA události 23. 4. 2011	55
Obr. 41	ESIA události 18. 5. 2011	56
Obr. 42	ESIA události 1. 10. 2011	56
Obr. 43	ESIA události 2. 2. 2012	57
Obr. 44	ESIA události 10. 5. 2012	57
Obr. 45	ESIA události 19. 5. 2012	58

Obr. 46	ESIA události 21. 6. 2012	58
Obr. 47	ESIA události 2. 11. 2012	59
Obr. 48	ESIA události 27. 4. 2013	59
Obr. 49	ESIA události 31. 7. 2013	60
Obr. 50	ESIA události 14. 10. 2013	60
Obr. 51	ESIA události 30. 12. 2013	61
Obr. 52	ESIA události 9. 3. 2014	61
Obr. 53	ESIA události 23. 11. 2015	62
Obr. 54	ESIA události 10. 4. 2016	62
Obr. 55	ESIA události 18. 6. 2016	63
Obr. 56	ESIA události 28. 5. 2017	63
Obr. 57	ESIA události 29. 5. 2017	64
Obr. 58	ESIA události 23. 8. 2017	64
Obr. 59	ESIA události 26. 9. 2018	65
Obr. 60	ESIA události 31. 5. 2019	65
Obr. 61	ESIA události 27. 7. 2019	66
Obr. 62	ESIA události 29. 10. 2019	66
Obr. 63	ESIA události 11. 12. 2019	67
Obr. 64	ESIA události 18. 6. 2020	67
Obr. 65	ESIA události 3. 1. 2021	68
Obr. 66	ESIA události 2. 3. 2021	68
Obr. 67	ESIA události 18. 11. 2021	69
Obr. 68	ESIA události 27. 3. 2022	69
Obr. 69	ESIA události Feyzin 1966	70
Obr. 70	ESIA události La Mède 1992	71
Obr. 71	ESIA události Dagneux 2007	71
Obr. 72	ESIA události Viareggio 2009	72
Obr. 73	ESIA události S. J. Ixhuatepec 1984	73
Obr. 74	ESIA události Brenham 1992	73
Obr. 75	ESIA události Ankara 2003	74
Obr. 76	ESIA události Čiba 2011	75
Obr. 77	Počet havárií v daném roce	77
Obr. 78	Počet havárií osobních automobilů v daném roce	78
Obr. 79	Počet havárií v daném roce v ostatních sektorech vzniku	78
Obr. 80	Počet zasahujících jednotek HZS v daném roce	79
Obr. 81	Četnost jednotlivých kořenových příčin	81

15 SEZNAM TABULEK

	Popis	Strana
Tab. 1	Přehled havarijních projevů jednotlivých paliv	19
Tab. 2	Fyzikální a fyzikálně chemické vlastnosti čistých uhlovodíků	21
Tab. 3	Srovnání modelů Dacia Duster Expression	22
Tab. 4	Kvalitativní požadavky na propan (tenze par při 70 ˚C je nejvýše 3,1 MPa)	25
Tab. 5	Kvalitativní požadavky na propan-butan (tenze par při 70 ˚C je nejvýše 2,6 MPa)	25
Tab. 6	Kvalitativní požadavky na butan (tenze par při 70˚C je nejvýše 1,3 MPa)	25
Tab. 7	Kvalitativní požadavky na prům. topnou směs (tenze par při 70 ˚C je nejvýše 3,1 MPa)	26
Tab. 8	Třídy nebezpečných věcí	34
Tab. 9	Největší dovolená uskladňovací kapacita	36
Tab. 10	Vzdálenost skladů, klecí a prodejních automatů od ostatních objektů	36
Tab. 11	Bezpečnostní pásma plynových zařízení	37
Tab. 12	Ochranná pásma plynárenských zařízení	37
Tab. 13	Kauzální model události 5. 3. 2003	44
Tab. 14	Kauzální model události 5. 10. 2003	44
Tab. 15	Kauzální model události 25. 11. 2003	45
Tab. 16	Kauzální model události 5. 2. 2004	45
Tab. 17	Kauzální model události 21. 12. 2005	46
Tab. 18	Kauzální model události 20. 1. 2008	46
Tab. 19	Kauzální model události 19. 6. 2008	47
Tab. 20	Kauzální model události 23. 6. 2008	47
Tab. 21	Kauzální model události 24. 6. 2008	48
Tab. 22	Kauzální model události 8. 9. 2008	48
Tab. 23	Kauzální model události 7. 10. 2008	49
Tab. 24	Kauzální model události 23. 10. 2008	49
Tab. 25	Kauzální model události 5. 2. 2009	50
Tab. 26	Kauzální model události 11. 3. 2009	50
Tab. 27	Kauzální model události 12. 6. 2009	51
Tab. 28	Kauzální model události 13. 7. 2009	51
Tab. 29	Kauzální model události 30. 10. 2009	52
Tab. 30	Kauzální model události 2. 11. 2009	52
Tab. 31	Kauzální model události 11. 10. 2010	53
Tab. 32	Kauzální model události 8. 1. 2011	53
Tab. 33	Kauzální model události 12. 1. 2011	54
Tab. 34	Kauzální model události 15. 1. 2011	54
Tab. 35	Kauzální model události 28. 2. 2011	55
Tab. 36	Kauzální model události 23. 4. 2011	55
Tab. 37	Kauzální model události 18. 5. 2011	56
Tab. 38	Kauzální model události 1. 10. 2011	56
Tab. 39	Kauzální model události 2. 2. 2012	57

Tab. 40	Kauzální model události 10. 5. 2012	57
Tab. 41	Kauzální model události 19. 5. 2012	58
Tab. 42	Kauzální model události 21. 6. 2012	58
Tab. 43	Kauzální model události 2. 11. 2012	59
Tab. 44	Kauzální model události 27. 4. 2013	59
Tab. 45	Kauzální model události 31. 7. 2013	60
Tab. 46	Kauzální model události 14. 10. 2013	60
Tab. 47	Kauzální model události 30. 12. 2013	61
Tab. 48	Kauzální model události 9. 3. 2014	61
Tab. 49	Kauzální model události 23. 11. 2015	62
Tab. 50	Kauzální model události 10. 4. 2016	63
Tab. 51	Kauzální model události 18. 6. 2016	63
Tab. 52	Kauzální model události 28. 5. 2017	64
Tab. 53	Kauzální model události 29. 5. 2017	64
Tab. 54	Kauzální model události 23. 8. 2017	64
Tab. 55	Kauzální model události 26. 9. 2018	65
Tab. 56	Kauzální model události 31. 5. 2019	65
Tab. 57	Kauzální model události 27. 7. 2019	66
Tab. 58	Kauzální model události 29. 10. 2019	66
Tab. 59	Kauzální model události 11. 12. 2019	67
Tab. 60	Kauzální model události 18. 6. 2020	67
Tab. 61	Kauzální model události 3. 1. 2021	68
Tab. 62	Kauzální model události 2. 3. 2021	68
Tab. 63	Kauzální model události 18. 11. 2021	69
Tab. 64	Kauzální model události 27. 3. 2022	69
Tab. 65	Rozdělení havárií podle sektoru	77
Tab. 66	Celkové škody v daném roce	80
Tab. 67	Četnost jednotlivých kořenových příčin	82
Tab. 68	Finanční ztráty v daném sektoru	89

16 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Kritéria pro oznamování závažné havárie komisi podle čl. 18 odst. 1
Příloha 2 Obsah BL podle nařízení komise (EU) 878/2020 – část B

17 PŘÍLOHY

17.1 Příloha 1

Kritéria pro oznamování závažné havárie komisi podle čl. 18 odst. 1 dle SEVESO III

I. Každá závažná havárie podle bodu 1 nebo mající nejméně jeden z důsledků popsaných v bodech 2, 3, 4 a 5 musí být oznámena Komisi.

1. Přítomné nebezpečné látky
   - Jakýkoli požár nebo výbuch nebo havarijní únik nebezpečné látky v množství minimálně 5 % kvalifikačního množství
2. Zranění osob a poškození nemovitostí:
   a) smrt
   b) zranění 6 osob v závodě a jejich hospitalizace na dobu nejméně 24 hodin
   c) jedna osoba mimo závod hospitalizována nejméně 24 hodin
   d) obydlí mimo závod poškozené tak, že je v důsledku havárie nezpůsobilé k využití
   e) evakuace nebo omezení pohybu osob po dobu delší než 2 hodiny (osoby x hodiny): hodnota nejméně 500
   f) přerušení dodávek pitné vody, elektřiny nebo plynu anebo telefonického spojení po dobu delší než 2 hodiny (osoby x hodiny): hodnota nejméně 1000
3. Bezprostřední škoda na životním prostředí:
   a) trvalé nebo dlouhodobé poškození suchozemských biotopů
      i. nejméně 0,5 ha biotopu chráněného právními předpisy z důvodů ekologické významnosti nebo uchování
      ii. nejméně 10 ha rozšířenějšího biotopu, včetně zemědělské půdy
   b) významné nebo dlouhodobé poškození sladkovodních a mořských biotopů
      i. nejméně 10 km řeky nebo kanálu
      ii. nejméně 1 ha jezera nebo rybníku
      iii. nejméně 2 ha delty
      iv. nejméně 2 ha pobřeží nebo volného moře
   c) významná škoda způsobená vodonosné vrstvě nebo podzemní vodě
      i. nejméně 1 ha
4. Škoda na majetku
   a) škoda na majetku v závodě: nejméně 2 000 000 EUR
   b) škoda na majetku mimo závod: nejméně 500 000 EUR

5. Škoda přesahující hranice
    - každá závažná havárie, které se přímo účastní nebezpečná látka a která vede k účinkům mimo území dotyčného členského státu

II. Komisi by se měly oznamovat havárie nebo „případy, kdy téměř došlo k havárii“, které členské státy považují za zvlášť technicky zajímavé pro prevenci závažných havárií a omezení jejích důsledků a které neodpovídají výše uvedeným kvantitativním kritériím. [5]

17.2 Příloha 2

Obsah bezpečnostního listu (BL) podle nařízení komise (EU) 2020/878 – část B

Oddíl 1: Identifikace látky/směsi a společnosti/podniku

1.1 Identifikátor výrobku

1.2 Příslušná určena použití látky nebo směsi a nedoporučená použití

1.3 Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu

1.4 Telefonní číslo pro naléhavé situace

Oddíl 2: Identifikace nebezpečnosti

2.1 Klasifikace látky nebo směsi

2.2 Prvky označení

2.3 Další nebezpečnosti

Oddíl 3: Složení/informace o složkách

3.1 Látky

3.2 Směsi

Oddíl 4: Pokyny pro první pomoc

4.1 Popis první pomoci

4.2 Nejdůležitější akutní a opožděné symptomy a účinky

4.3 Pokyn týkající se okamžité pomoci a zvláštního ošetření

Oddíl 5: Opatření pro hašení požáru

5.1 Hasiva

5.2 Zvláštní nebezpečnost vyplývající z látky nebo směsi

5.3 Pokyny pro hasiče

Oddíl 6: Patření v případě náhodného úniku

6.1 Opatření na ochranu osob, ochranné prostředky a nouzové postupy

6.2 Opatření na ochranu životního prostředí

6.3 Metody a materiály pro omezení úniku a pro čištění

6.4 Odkaz na jiné oddíly

Oddíl 7: Zacházení a skladování

7.1 Opatření pro bezpečné zacházení

7.2 Podmínky pro bezpečné skladování látek a směsí včetně neslučitelných látek a směsí

7.3 Specifické konečné/specifická konečná použití

Oddíl 8: Omezení expozice/osobní ochranné prostředky

8.1 Kontrolní parametry

8.2 Mezování expozice

Oddíl 9: Fyzikální a chemické vlastnosti

9.1 Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech

9.2 Další informace

Oddíl 10: Stálost a reaktivita

10.1 Reaktivita

10.2 Chemická stabilita

10.3 Možnost nebezpečných reakcí

10.4 Podmínky, kterým je třeba zabránit

10.5 Neslučitelné materiály

10.6 Nebezpečné produkty rozkladu

Oddíl 11: Toxikologické informace

11.1 Informace o třídách nebezpečnosti vymezených v nařízení (ES) č. 1272/2008

11.2 Informace o další nebezpečnosti

Oddíl 12: Ekologické informace

12.1 Toxická

12.2 Perzistence a rozložitelnost

12.3 Bioakumulační potenciál

12.4 Mobilita v půdě

12.5 Výsledky posouzení PBT a vPvB

12.6 Vlastnosti vyvolávající narušení činnosti endokrinního systému

12.7 Jiné nepříznivé účinky

Oddíl 13: Pokyny pro odstraňování

13.1 Metody nakládání s odpady

Oddíl 14: Informace pro přepravu

14.1 UN číslo nebo ID číslo

14.2 Oficiální (OSN) pojmenování pro přepravu

14.3 Třída/třídy nebezpečnosti pro přepravu

14.4 Obalová skupina

14.5 Nebezpečnost pro životní prostředí

14.6 Zvláštní bezpečností opatření pro uživatele

14.7 Námořní hromadná přeprava podle nástrojů IMO

Oddíl 15: Informace o předpisech

15.1 Předpisy týkající se bezpečnosti, zdraví a životního prostředí/specifické právní předpisy týkající se látky nebo směsi

15.2 Posouzení chemické bezpečnosti

Oddíl 16: Další informace [15]